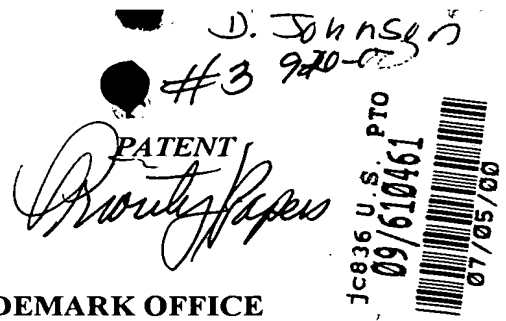


Attorney's Docket No.: 460-009524-US(PAR)



**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Express Mail No.: EL336865364US

In re application of: Juha OJANPERA

Serial No.: 0 /

Filed: Herewith

For: METHOD FOR IMPROVING THE CODING AND TRANSMISSION OF AN AUDIO SIGNAL

Group No.:

Examiner:

Commissioner of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY**

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country : Finland  
Application Number : 991537  
Filing Date : 5 July 1999

**WARNING:** "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 CFR 1.4(f) (emphasis added.)

  
\_\_\_\_\_  
SIGNATURE OF ATTORNEY

Reg. No.: 24,622

Clarence A. Green

Tel. No.: (203) 259-1800

Type or print name of attorney

Perman & Green, LLP

Customer No.: 2512

P.O. Address

425 Post Road, Fairfield, CT 06430

NOTE: The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent if the foreign application is referred to in the oath or declaration as required by § 1.63.

(Transmittal of Certified Copy [5-4])

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 25.5.2000

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT

JC836 U.S. PTO

09/610461



Hakija  
Applicant

Nokia Mobile Phones Ltd.  
Espoo

Patenttihakemus nro  
Patent application no

991537

Tekemispäivä  
Filing date

05.07.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

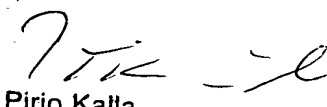
G10L

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Menetelmä audiosignaalin koodaamisen ja siirron tehostamiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kalla  
Tutkimussihtööri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## Menetelmä audiosignaalin koodaamisen ja siirron tehostamiseksi

Nyt esillä oleva keksintö kohdistuu oheisen patenttivaatimuksen 1 johdanto-osan mukaiseen menetelmään audiosignaalin siirron tehostamiseksi ja koodaustarkkuuden lisäämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä, jossa audiosignaalista muodostetaan näytteitä, ja näytteet jaetaan kehyksiin, jolloin koodausta varten tutkitaan lähetettävänä olevan kehyksen näytteitä aikaisemmin muodostettuihin näytteisiin. Keksintö kohdistuu lisäksi oheisen patenttivaatimuksen 8 mukaiseen tiedonsiirtojärjestelmään, oheisen patenttivaatimuksen 14 johdanto-osan mukaiseen koodaimeen, oheisen patenttivaatimuksen 16 johdanto-osan mukaiseen dekodeaimeen, oheisen patenttivaatimuksen 18 johdanto-osan mukaiseen koodain/dekodeaimeen, ja oheisen patenttivaatimuksen 22 johdanto-osan mukaiseen dekodeausmenetelmään.

Erilaiset puheenkoodausjärjestelmät muodostavat analogisesta audiosignaalista, kuten puhesignaalista, koodattuja signaaleita, jotka lähetetään tiedonsiirtojärjestelmässä käytettävillä tiedonsiirtomenetelmillä vastaanottimeen. Vastaanottimessa näiden koodattujen signaalien perusteella muodostetaan audiosignaali. Siirrettävän informaation määrään vaikuttaa mm. se, kuinka suuri kaistanleveys järjestelmässä on käytössä tätä koodattua informaatiota varten sekä kuinka tehokkaasti lähetysvaiheessa koodaus pystytään suorittamaan.

Koodausta varten analogisesta signaalista muodostetaan digitaalisia näytteitä, esim. 0,125 ms välein. Näitä näytteitä käsitellään edullisesti määrämittaisina ryhminä, kuten n. 20 ms:n ajalta muodostettujen näytteiden joukkoina, joille suoritetaan koodaustoimenpiteitä. Näistä väliajoin otettujen näytteiden joukosta käytetään myös nimitystä kehys (frame).

Puheenkoodausjärjestelmissä tavoitteena on aikaansaada mahdollisimman hyvä äänenlaatu käytävissä olevan kaistanleveyden puitteissa. Tässä käytetään hyväksi audiosignaalin, erityisesti puhesignaalin, olevaa jaksollisuutta. Tämä jaksollisuus puheessa aiheutuu mm. äänihuulten värähtelyistä. Tyypillisesti tämän värähtelyn jakso on luokkaa 2 ms—20 ms. Useissa tunnetun tekniikan mukaisissa puhekoodereissa käytetään ns. pitkän aikavälin ennustusta (LTP, Long-

Term Prediction), jolla tätä jaksollisuutta pyritään arvioimaan ja käyttämään koodauksessa hyväksi. Tällöin koodausvaiheessa koodattavana olevaa audiosignaalin osaa (kehystä) verrataan aikaisemmin koodattuina oleviin audiosignaaleihin. Jos tallennetuista näytteistä löytyy lähes samankaltainen signaali, tutkitaan löytyneen signaalin ja koodattavana olevan signaalin aikaero (lag). Lisäksi muodostetaan löytyneen signaalin ja koodattavana olevan signaalin näytteiden perusteella virhesignaali. Tällöin koodaus suoritetaan edullisesti siten, että vain aikaerotieto ja virhesignaali lähetetään. Vastaanottimessa haetaan muistista tämän aikaeron perusteella oikeat näytteet ja yhdistetään ne virhesignaaliin. Matemaattisesti tällaisen jaksollisuuden arviointilohkon (Pitch Predictor) toimintaa voidaan esittää esim. seuraavan siirtofunktion avulla ensimmäisen kertaluvun tapauksessa:

$$P(z) = \beta z^{-\alpha},$$

missä  $\beta$  on arviointilohkon kerroin ja  $\alpha$  on jaksollisuutta kuvaava viive. Jaksollisen signaalin tapauksessa koodattava signaalin voidaan esittää viiveen verran aikaisemman koodattavana olleen signaalin avulla, suorittamalla aikaisemman signaalin näytteiden ja kertoimen välinen kertolasku. Vastaavasti useamman kertaluvun tilanteessa voidaan käyttää yleisempää siirtofunktiota:

$$P(z) = \sum_{k=-m_1}^{m_2} \beta_k z^{-(\alpha+k)}$$

Kertoimet  $\beta_k$  pyritään valitsemaan kullekin kehykselle siten, että koodausvirhe, eli todellisen signaalin ja aikaisempien näytteiden avulla muodostetun signaalin ero on mahdollisimman pieni. Edullisesti sellaiset kertoimet, joilla pienimmän neliösumman menetelmällä saavutetaan pienin virhe, valitaan koodauksessa käytettäväksi. Näitä kertoimia päivitetään edullisesti kehyksittäin.

Patentissa US-5,528,629 on esitetty eräs tunnetun tekniikan mukainen puheenkoodausjärjestelmä. Järjestelmässä käytetään lyhyen aikavälin ennustusta (STP, Short-Term Prediction) sekä kiinteää, ensimmäisen kertaluvun mukaista pitkän aikavälin ennustusta.

Tunnetun tekniikan mukaisissa koodaimissa on kuitenkin mm. se epäkohta, että niissä ei huomioida audiosignaalin taajuuden vaikutusta mahdolliseen jaksollisuuteen. Tällöin tätä signaalin jaksollisuutta ei  
5 kaikissa tilanteissa voida hyödyntää tehokkaasti ja koodatun informaation tarpeettoman suuri tai vastaanottimessa rekonstruoidun audiosignaalin äänenlaatu heikkenee.

10 Nyt esillä olevan keksinnön eräänä tarkoituksena on aikaansaada menetelmä audiosignaalien siirtämisen tehostamiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä ja siirtämiseksi suuremmalla tarkkuudella kuin tunnetun tekniikan mukaisissa menetelmissä. Keksinnön mukaisessa koodaimessa pyritään koodattava audiosignaali arvioimaan kehyksittäin mahdollisimman tarkasti ja mahdollisimman pienellä siirrettävän informaation  
15 määrällä. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle tiedonsiirtojärjestelmälle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 8 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle koodaimelle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 14 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle dekoodaimelle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 16 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle koodain/dekoodaimelle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 18 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä  
20 olevan keksinnön mukaiselle dekoodausmenetelmälle on vielä tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 22 tunnusmerkkiosassa.

30 Nyt esillä olevalla keksinnöllä saavutetaan merkittäviä etuja tunnetun tekniikan mukaisiin ratkaisuihin verrattuna. Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan tiedonsiirtojärjestelmässä siirrettävän audiosignaalin laatutasoa nostaa tunnetun tekniikan mukaisiin menetelmiin verrattuna tarvitsematta kuitenkaan lisätä tiedonsiirtonopeutta. Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan paremmin huomioida myös audiosignaalin  
35 lissa esiintyviä eri taajuisia jaksollisuuksia.

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa

- 5 kuva 1 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista koodainta,
- kuva 2 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista dekodainta,
- 10 kuva 3 esittää pelkistettynä lohkokaaaviona keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista tiedonsiirtojärjestelmää,
- kuva 4 esittää pelkistettynä vuokaaviona keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista menetelmää, ja
- 15 kuvat 5a ja 5b esittävät esimerkkeinä keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen koodaimen muodostamista tiedonsiirtokehyksistä.

20 Kuvassa 1 on esitetty pelkistetyksi lohkokaaaviona keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista koodainta 1. Kuvassa 4 on esitetty keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista menetelmää pelkistettynä vuokaaviona 401. Koodain 1 on esimerkiksi langattoman viestimen 2 (kuva 3) puhekoodain audiosignaalin muuntamiseksi tie-

25 donsiirojärjestelmässä, kuten matkaviestinverkossa tai Internet-verkossa, välitettäväksi koodatuksi signaaliksi. Dekoodain 33 on tällöin edullisesti matkaviestinverkon tukiasemassa. Vastaavasti Analoginen audiosignaali, esim. mikrofoniassa 29 muodostettu signaali, jota tarvitta-

30 essa on vahvistettu audiolohkossa 30, muunnetaan analogia/digitaalimuuntimessa 4 digitaaliseksi signaaliksi. Muunnostarkkuus on esim. 8 tai 12 bittiä ja peräkkäisten näytteiden väli (aikaresoluutio, time resolution) on esim. 0,125 ms. On selvää, että tässä selostuksessa esitettävät lukuarvot ovat vain keksintöä selventävinä, eivät rajoittavina esimerkkeinä.

35

Audiosignaalista muodostetut näytteet tallennetaan näytepuskuriin (ei esitetty), joka voidaan muodostaa sinänsä tunnetusti esim. langattoman viestimen 2 muistivälineisiin 5. Koodaimeen 1 johdetaan koodattavaksi

edullisesti ennalta määrätty määrä näytteitä, esim. 20 ms:n aikana muodostetut näytteet (=160 kpl). Nämä näytteet johdetaan edullisesti muunninlohkoon 6, jossa suoritetaan audiosignaalin muuntaminen aikatasosta muunnostasoon (taajuustasoon) esimerkiksi modifioidulla diskreetti-kosinimuunnoksella (MDCT, Modified Discrete Cosine Transform). Muunninlohkon 6 ulostulosta saadaan joukko lukuja, jotka kuvaavat muunnetun signaalin ominaisuuksia taajuustasossa. Tämä muuntaminen on esitetty lohkona 404 kuvan 4 vuokaaviossa.

- 10 Eräs vaihtoehtoinen toteutus aikatazon signaalin muuntamiseksi taajuustasoon on useista kaistanpäästösuodattimista koostuva suodatinryhmä (filter bank). Kunkin suodattimen päästökaista on suhteellisen kapea, jolloin suodattimien ulostuloissa olevien signaalien voimakkuudet kuvaavat muunnettavan signaalin taajuusspektriä.

15

Viivelohko 7 selvittää sen, mikä aikaisempi näytejono parhaiten vastaa kulloinkin koodattavana olevaa kehystä (lohko 402). Tämä viiveen selvitysvaihe suoritetaan edullisesti siten, että viivelohko 7 vertailee vertailupuskuriin 8 tallennettuja arvoja koodattavan kehyksen näytteisiin ja laskee esim. pienimmän neliösumman menetelmällä koodattavien näytteiden ja vertailtavien näytteiden välisen virheen. Vastenäytejonoksi valitaan sopivimmin sellainen peräkkäisten näytteiden muodostama näytejono, jolla virhe on pienin.

20

25

Sen jälkeen kun viivelohkossa 7 on valittu tallennetuista näytteistä vastenäytejono (lohko 403), välittää viivelohko 7 siitä tiedon kerroinlaskentalohkoon 9 arviointivaiheen suorittamiseksi. Tällöin kerroinlaskentalohkossa 9 suoritetaan arviointilohkon 10 eri kertaluvuille, kuten 1., 3., 5. ja 7., LTP-kertoimien  $b(k)$  laskenta tämän vastenäytejonon näytteiden perusteella. Vuokaaviossa näitä vaiheita on esitetty lohkoina 405—411. On selvää, että tässä esitetyt kertaluvut ovat vain keksintöä selventävinä, eivät rajoittavina esimerkkeinä. Keksintöä voidaan soveltaa myös muilla kertaluvuilla ja käytettävissä olevia kertalukuja voi olla myös eri määrä kuin tässä esitetyt neljä kertalukua. LTP-kertoimet kvantisoidaan sopivimmin siten, että vastaanottimen dekoodaimessa 33 muodostettava rekonstruoitu signaali on virheettömässä tiedonsiirrossa mahdollisimman tarkoin alkuperäistä vastaava. Kvantisoinnissa tulisi

30

35

käyttää mahdollisimman suurta resoluutiota ja pieniä kvantisointivälejä (-askelia) pyöristykseen aiheuttamien virheiden minimoimiseksi.

- 5 LTP-kertoimien laskemisen jälkeen ne kvantisoidaan, jolloin saadaan kvantisoidut LTP-kertoimet. Lisäksi voidaan laskea myös kunkin kertaluvun arvioinnilla muodostuva koodausvirhe (lohko 409). Tämän vertailuvaiheen suorittamiseksi johdetaan vastenäytejonon tallennetut näytteet arviointilohkoon 10 (pitch predictor), jossa vastenäytejonon näytteistä muodostetaan ennustesignaali jokaista kertalukua kohden käyttämällä kullekin kertaluvulle laskettuja ja kvantisoituja LTP-kertoimia  $b(k)$ . Kukin ennustesignaali kuvaa koodattavana olevan signaalin ennustetta kyseisellä kertaluvulla arvioituna. Keksinnön nyt esillä olevassa edullisessa suoritusmuodossa nämä ennustesignaalit johdetaan toiseen muunninlohkoon 11, jossa suoritetaan näiden ennustesignaalien muuntaminen taajuustasoon. Tämän jälkeen näitä taajuustasoon muunnettuja arvoja verrataan koodattavan näytejonon taajuustasoon muunnettuihin arvoihin koodausvirheen selvittämiseksi, eli ennustesignaalin taajuusspektrin ja todellisen signaalin taajuusspektrin välisen vastaavuuden selvittämiseksi. Tämä toinen muunninlohko 11 suorittaa muunnoksen kahdella tai useammalla eri kertaluvulla, jolloin muodostuu eri kertalukuja vastaavat muunnoslukujoukot. Arviointilohko 10 ja toinen muunninlohko voidaan toteuttaa eri kertaluvuille yhteisinä, tai kullekin kertaluvulle voidaan toteuttaa oma arviointilohko 10 ja toinen muunninlohko 11.
- 20
- 25
- 30
- 35
- Laskentalohkossa 12 suoritetaan koodausvirheen laskenta taajuustasoon muunnetun todellisen signaalin ja kullakin arviointilohkon 10 kertaluvulla muodostetun, taajuustasoon muunnetun signaalin perusteella. Tämä koodausvirhe lasketaan sopivimmin pienimmän neliösumman menetelmällä sen selvittämiseksi, millä kertaluvulla on saavutettavissa esim. keskimääräisesti pienin koodausvirhe. Tällöin koodattavana olevan kehyksen koodaukseen valitaan se kertaluku, jolla saavutetaan pienin koodausvirhe (lohko 412). Koodausvirheen laskenta ja kertaluvun valintavaihe suoritetaan väliajoin, sopivimmin kullekin kehykselle erikseen, jolloin eri kehyksillä voidaan käyttää audiosignaalin ominaisuuksiin kulloinkin parhaiten soveltuvaa kertalukua.



Arviointilohkon 10 kertaluvun valitsemisen jälkeen laskentalohkossa 12 lasketaan vielä koodaustehokkuus (prediction gain) mm. tiedonsiirtokanavaan lähetettävän informaation selvittämiseksi (lohko 413). Tavoitteena on minimoida lähetettävän informaation (bittien) määrä (määrällinen minimointi), ja signaalin vääristymät (laadullinen maksimointi). Jotta vastaanottimessa voidaan signaali rekonstruoida aikaisempien, myös vastaanottavassa laitteessa tallennettujen näytteiden perusteella, on vastaanottimeen lähetettävä mm. arviointilohkon 10 kertoimet valitulle kertaluvulle, tieto tästä kertaluvusta, viive sekä tieto koodausvirheestä. Koodaustehokkuus kuvaa edullisesti sitä, voidaanko arviointilohkossa 10 koodatun signaalin dekoodaamisessa tarpeellinen informaatio välittää pienemmällä bittimäärällä kuin alkuperäisen signaalin välittämisessä tarvittava bittimäärä. Tämä voidaan toteuttaa esim. siten, että määritetään ensimmäinen vertailuarvo, joka on siirrettävän informaation määrä, jos dekoodaamisessa tarvittava informaatio muodostetaan mainituissa viiveen selvitysvaiheessa, arviointivaiheessa, vertailuvaiheessa ja valintavaiheessa suoritettun koodauksen perusteella. Lisäksi määritetään toinen vertailuarvo, joka on siirrettävän informaation määrä, jos dekoodaamisessa tarvittava informaatio muodostetaan alkuperäisestä audiosignaalista. Koodaustehokkuus on edullisesti ensimmäisen vertailuluvun ja toisen vertailuluvun suhde. Jos koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi, merkitsee se sitä, että koodaustiedot voidaan välittää pienemmällä bittimäärällä kuin alkuperäinen signaali. Laskentalohkossa 12 selvitetään edullisesti laskemalla näiden eri vaihtoehtojen lähettämisessä tarvittavat bittimäärät. Tämän jälkeen laskentalohko 12 valitsee sen vaihtoehdon, jossa lähetettävä bittimäärä on pienempi (lohko 414).

Jos koodaustehokkuus on korkeintaan yksi, tulisi edullisesti alkuperäisen signaalin taajuusspektri lähettää, jolloin tiedonsiirtokanavaan lähetettävä bittijono 501 muodostetaan edullisesti seuraavasti (lohko 415). Laskentalohkosta 12 välitetään tieto valitusta lähetysvaihtoehdosta ensimmäiseen summauslohkoon 13, jossa valitaan kvantisointilohkoon 14 siirrettäväksi nämä taajuustasoon muunnetut arvot. Tätä alkuperäisestä audiosignaalista taajuustasoon muunnetun signaalin arvojen siirtoa on kuvattu viivalla A1 kuvan 1 lohkoaviossa. Kvantisointilohkossa 14 suoritetaan taajuustasoon muunnetun signaalin arvojen kvantisointi sinänsä tunnetusti. Nämä kvantisoidut arvot siirretään multipleksointiloh-

koon 15, jossa suoritetaan lähetettävän bittijonon muodostus. Kuvissa 5a ja 5b on esitetty esimerkinomaisesti erästä bittijonorakennetta, jota voidaan edullisesti soveltaa nyt esillä olevan keksinnön yhteydessä. Koodaustiedoksi 502 asetetaan ensimmäinen looginen arvo, esim.

5 looginen 0-tila, merkiksi siitä, että kyseisessä bittijonossa välitetään alkuperäistä signaalia esittävät taajuustasoon muunnetut arvot. Koodaustiedon 502 lisäksi bittijonossa lähetetään nämä arvot kvantisoituina kulloinkin käytetyllä tarkkuudella. Näiden arvojen siirtämisessä käytettävä kenttä on merkitty viitteellä 503 oheiseen kuvaan 5a. Se, kuinka

10 monta arvoa kulloisessakin bittijonossa lähetetään, riippuu mm. näytteenottotaajuudesta ja kulloinkin tarkasteltavan kehyksen pituudesta. Tässä tilanteessa ei lähetetä kertalukutietoa, LTP-kertoimia, viivettä ja virhetietoa, koska vastaanottimessa signaali rekonstruoidaan mainittujen bittijonossa 501 lähetettävien taajuustason arvojen perusteella.

15 Jos koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi, muodostetaan tiedonsiirtokekanavaan lähetettävä bittijono 501 (kuva 5b) edullisesti seuraavasti (lohko 416). Laskentalohkosta 12 välitetään tieto valitusta lähetysvaihtoehdosta ensimmäiseen summauslohkoon 13, jossa valitaan multipleksointilohkoon 15 siirrettäväksi kvantisoidut LTP-kertoimet. Tätä on

20 kuvattu viivalla B1 kuvan 1 lohkoakaaviossa. On selvää, että LTP-kertoimet voidaan välittää multipleksointilohkoon 15 myös muulla tavoin kuin ensimmäisen summauslohkon 13 kautta. Multipleksointilohkossa 15 suoritetaan lähetettävän bittijonon muodostus. Koodaustiedoksi 502

25 asetetaan toinen looginen arvo, esim. looginen 1-tila, merkiksi siitä, että kyseisessä bittijonossa välitetään mainitut kvantisoidut LTP-kertoimet. Kertalukukentän 504 bitit asetetaan valitun kertaluvun mukaisesti. Jos valittavissa on neljä eri kertalukua, riittää kaksi bittiä (00, 01, 10, 11) ilmaisemaan sen, mikä kertaluku kulloinkin on valittu. Lisäksi bittijonossa

30 lähetetään tieto viiveestä viivekentässä 505. Tässä edullisessa esimerkissä viive ilmoitetaan 11:llä bitillä, mutta on selvää, että myös muita pituuksia voidaan keksinnön puitteissa soveltaa. Bittijonoon lisätään mainitut kvantisoidut LTP-kertoimet kerroinkenttään 506. Jos kertalukuna on yksi, lähetetään vain yksi kerroin, kertaluvulla 3 lähetetään 3

35 kerrointa jne. Näiden kertoimien välittämisessä käytettävä bittimäärä voi myös vaihdella eri sovelluksissa. Eräässä edullisessa sovelluksessa kertaluvun 1 kerroin ilmaistaan kolmella bitillä, kertaluvun 3 kertoimet viidellä bitillä, kertaluvun 5 kertoimet yhdeksällä bitillä, ja kertaluvun 7

kertoimet kymmenellä bitillä. Yleisesti voidaan todeta se, että mitä korkeampi kertaluku on valittu, sitä enemmän tarvitaan bittejä kvantisoitujen LTP-kertoimien välittämisessä.

- 5 Edellä mainittujen tietojen lisäksi on lähetettävä virhetieto virhekentässä 507. Tämä virhetieto, eli koodausvirhe, muodostetaan edullisesti laskentalohkossa 12 koodattavan signaalin taajuusspektrin ja muodostettujen, kvantisoitujen LTP-kertoimien avulla dekoodattavissa olevan signaalin erosignaalina. Tämä virhesignaali välitetään esim. ensimmäisen
- 10 summauslohkon 13 kautta kvantisointilohkoon 14 kvantisoitavaksi. Kvantisointilohkosta 14 kvantisoitu virhesignaali johdetaan multipleksointilohkoon 15, jossa kvantisoitu virhesignaali liitetään bittijonon virhekenttään 507.
- 15 Kvantisointi- ja koodauslohkosta 14 koodattu signaali johdetaan myös koodaimen dekvantisointilohkoon 17. Dekvantisointilohkosta 17 dekvantisoitu signaali johdetaan toiseen summauslohkoon 18, joka muodostaa koodattua näytejonoa vastaavan taajuustason näytejonon. Tämä taajuustason näytejono muunnetaan aikatasoon käänteisessä
- 20 modifioidussa DCT-muuntimessa 19, josta näytejono siirretään vertailupuskuriin 8 tallennettavaksi ja käytettäväksi seuraavien kehysten näytejonojen koodauksen yhteydessä. Vertailupuskurin 8 tallennuskapasiteetti valitaan kulloisenkin sovelluksen koodaustehokkuuden aikaansaamisessa tarvittava määrä näytejonoja. Vertailupuskuriin 8 uusi
- 25 näytejono tallennetaan sopivimmin vanhimman näytejonon päälle, eli kyseessä on ns. rengaspuskuri.
- Koodaimessa 1 muodostettu bittijono johdetaan lähettimeen 16, jossa suoritetaan modulointi sinänsä tunnetusti. Moduloitu signaali siirretään
- 30 tiedonsiirtokanavan 3 kautta vastaanottiin esim. radiotaajuisina signaaleina.
- Vastaanottavassa laitteessa 31 suoritetaan tiedonsiirtokanavasta vastaanotetun signaalin demodulointi sinänsä tunnetusti vastaanotinlohkossa 20. Demoduloidun tietokehyksen sisältämä informaatio selvitetään dekoodaimessa 33. Dekoodaimen 33 demultipleksointilohkossa
- 35 21 tutkitaan bittijonon koodaustiedon 502 perusteella ensin se, onko vastaanotettu informaatio muodostettu alkuperäisen näytejonon perus-

teella. Siinä tilanteessa, että koodaimessa 1 muodostettu bittijono 501 ei käsitä alkuperäisen signaalin taajuustasoon muunnettua arvoja, suoritetaan dekodaus edullisesti seuraavasti. Kertalukukentästä 504 selvitetään arviointilohkossa 24 käytettävä kertaluku M ja viivekentästä 505 viive. Kvantisoidut LTP-kertoimet, jotka on vastaanotettu bittijonon 501 kerroinkentässä 506, tieto kertaluvusta ja viiveestä johdetaan de-  
 5 koodaimen arviointilohkoon 24. Tätä esittää viiva B2 kuvassa 2. Virhe-  
 signaalin kvantisoidut arvot dekvantisoidaan dekvantisointilohkossa 22 ja johdetaan dekodaimen summauslohkoon 23. Dekoodaimen arvi-  
 10 ointilohko 24 noutaa viivetiedon perusteella näytepuskurista 28 tarvitta-  
 vat määrän näytteitä ja suorittaa valitun kertaluvun M mukaisen muun-  
 noksen, jossa arviointilohko 24 käyttää vastaanotettuja LTP-kertoimia. Tässä yhteydessä muodostuu ensimmäinen rekonstruoitu aikatason  
 15 signaali, joka muunnoslohkossa 25 muunnetaan taajuustasoon. Tämä  
 taajuustason signaali johdetaan summauslohkoon 23, jolloin tämän  
 signaalin ja virhesignaalin summana muodostuu taajuustason signaali,  
 joka häiriöttömässä tiedonsiirrossa vastaa olennaisesti alkuperäistä,  
 koodattavana ollutta signaalia taajuustasossa. Tämä taajuustason sig-  
 naali muunnetaan aikatasoon käänteisellä modifioidulla DCT-muun-  
 20 noksella käänteismuunnoslohkossa 26, jolloin käänteismuunnoslohkon  
 26 lähdössä on digitaalinen audiosignaali. Digi-  
 taali/analogiamuuntimessa 27 tämä signaali muunnetaan analogiseksi,  
 joka tarvittaessa vahvistetaan ja johdetaan muihin jatkokäsittelyasteisiin  
 sinänsä tunnetusti. Tätä esittää audiolohko 32 kuvassa 3.

Siinä tilanteessa, että koodaimessa 1 muodostettu bittijono 501 käsittää  
 alkuperäisen signaalin taajuustasoon muunnetut arvot, suoritetaan de-  
 koodaus edullisesti seuraavasti. Taajuustasoon muunnetut, kvantisoi-  
 dut arvot dekvantisoidaan dekvantisointilohkossa 22 ja johdetaan  
 30 summauslohkon 23 kautta käänteismuunnoslohkoon 26. Kuvaan 3  
 viitteellä A2 merkitty viiva kuvaa ohjaustiedon välitystä summausloh-  
 koon 23. Käänteismuunnoslohkossa 26 taajuustason signaali muunne-  
 taan aikatasoon käänteisellä modifioidulla DCT-muunnoksella, jolloin  
 muodostuu alkuperäistä signaalia vastaava aikatason signaali digita-  
 35 limuodossa. Tämä signaali muunnetaan tarvittaessa analogiseksi sig-  
 naaliksi digitaali/analogiamuuntimessa 27. Kuvan 3 esimerkissä lähet-  
 tävänä laitteena on langaton viestin 2 ja vastaanottavana laitteena on  
 tukiasema 31, jolloin langattomasta viestimestä 2 lähetetyn signaalin

dekoodaus suoritetaan tukiaseman 31 dekodaimessa 33, josta analoginen audiosignaali johdetaan jatkokäsittelyasteisiin sinänsä tunnetusti.

- 5 On selvää, että nyt esitetyssä esimerkissä on esitetty vain keksinnön soveltamisen kannalta keskeisimmät piirteet, mutta käytännön sovel-  
luksissa tiedonsiirtojärjestelmä käsittää myös muita toimintoja, kuin  
tässä esitetyt. Keksinnön mukaisen koodauksen yhteydessä voidaan  
käyttää myös muita koodausmenetelmiä, kuten lyhyen aikavälin ennus-  
10 tusta. Lisäksi keksinnön mukaisesti koodatun signaalin lähetyksessä  
voidaan suorittaa muita käsittelyvaiheita, kuten kanavakoodaus.

- Ennustesignaalin ja todellisen signaalin vastaavuuden selvittäminen  
voidaan tehdä myös aikatazon signaaleille. Tällöin signaaleja ei tarvitse  
15 muuntaa taajuustasoon, jolloin muunninlohkoja 6, 11 ei myöskään  
välttämättä tarvita, kuten ei myöskään koodaimen käänteismuunnos-  
lohkoa 19 ja dekodaimen käänteismuunnoslohkoa 26. Koodaustehok-  
kuuden ja koodausvirheen määrittäminen suoritetaan tällöin aikatazon sig-  
naalien perusteella.

- 20 Edellä esitettyjä audiosignaalin koodaus/dekoodausvaiheita voidaan  
soveltaa erilaisissa tiedonsiirtojärjestelmissä, kuten matkaviestinjärjes-  
telmissä, satelliitti-TV -järjestelmissä, tilausvideojärjestelmissä jne.  
Esimerkiksi matkaviestinjärjestelmässä, joissa audiosignaaleja siirre-  
25 tään kaksisuuntaisesti, tarvitaan koodain/dekoodainpari sekä langatto-  
massa viestimessä 2 että tukiasemassa tai vastaavassa 31. Kuvan 3  
lohkokaavioon on langattoman viestimen 2 ja tukiaseman 31 vastaavia  
toiminnallisia lohkoja merkitty pääasiassa samoin viitenumeroin. Vaikka  
kuvassa 3 on koodain 1 ja dekodain 33 esitetty erillisinä yksikköinä,  
30 voidaan ne käytännön sovelluksissa toteuttaa yhtenä yksikkönä, ns.  
kodekkina, jossa on toteutettu koodauksen ja dekoodauksen suorit-  
tamisessa tarpeelliset toiminnot. Jos audiosignaali siirretään matka-  
viestinjärjestelmässä digitaalisessa muodossa, ei analogia/digitaalimuunnosta ja vastaavasti digitaali/analogiamuunnosta vält-  
35 tämättä tarvita tukiasemassa. Tällöin nämä muunnokset suoritetaan  
langattomassa viestimessä sekä siinä rajapinnassa, jonka kautta mat-  
kaviestinverkko on kytketty muuhun televerkkoon, kuten yleiseen puhe-  
linverkkoon. Jos tämä puhelinverkko kuitenkin on digitaalinen puhelin-

verkko, nämä muunnokset voidaan tehdä myös esim. tällaiseen puhe-  
linverkkoon kytkettävässä digitaalisessa puhelimessa (ei esitetty).

Edellä esitettyjä koodausvaiheita ei välttämättä suoriteta lähetyksen  
yhteydessä, vaan koodattu informaatio voidaan tallentaa lähetettäväksi  
myöhemmin. Lisäksi koodaimeen johdettavana audiosignaalina ei vält-  
tämättä tarvitse käyttää reaaliaikaista audiosignaalia, vaan koodattava  
audiosignaali voi olla audiosignaalista aikaisemmin tallennettua infor-  
maatiota.

Tarkastellaan seuraavassa vielä koodauksen eri vaiheita matemaatti-  
sesti. Arviointilohkon 10 siirtofunktio on muotoa

$$B(z) = \sum_{k=-m_1}^{m_2} b(k)z^{-(\alpha+k)} \quad (1)$$

missä  $\alpha$  on viive (lag),  $b(k)$  ovat arviointilohkon 10 kertoimet, sekä  $m_1$  ja  
 $m_2$  riippuvat kertaluvusta ( $M$ ) edullisesti seuraavasti:

$$m_1 = (M-1)/2, \\ m_2 = M - m_1 - 1$$

Parhaiten vastaava näytejono selvitetään sopivimmin pienimmän neliö-  
summan menetelmällä. Tämän suorittamiseksi merkitään

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} \left( x(i) - \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j) \tilde{x}(i+j-\alpha) \right)^2 \quad (2)$$

missä  $E$ =virhe,  $x()$  on tulosignaali aikatasossa,  $\tilde{x}()$  aikaisemmasta  
näytejonosta rekonstruoitu signaali, ja  $N$  on näytteiden määrä kulloinkin  
tarkasteltavana olevassa kehyksessä. Viive  $\alpha$  voidaan laskea asetta-  
malla muuttuja  $m_1=0$  ja  $m_2=0$  ja ratkaisemalla  $b$  yhtälöstä 2. Toinen  
vaihtoehto viiveen  $\alpha$  ratkaisemiseksi on käyttää normalisoitua korreloin-  
timenetelmää, käyttämällä kaavaa

$$\alpha = \max_{lag} \left\{ \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x(i)\tilde{x}(i-lag))}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i-lag)^2}}, lag = \text{alkuviive}, \dots, \text{loppuviive} \right\} \quad (3)$$

- 5 Sen jälkeen, kun parhaiten vastaava näytejono on löytynyt, viivelohkossa 7 on tieto viiveestä, eli siitä, kuinka paljon aikaisemmin tämä vastaava näytejono on esiintynyt audiosignaalisissa.

LTP-kertoimet  $b(k)$  voidaan kullekin kertaluvulle  $M$  laskea kaavasta (2), joka voidaan muuntaa muotoon

$$10 \quad E = \sum_{i=0}^{N-1} x(i)^2 - 2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j)\tilde{x}(i+j-\alpha) + \sum_{i=0}^{N-1} \left( \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j)\tilde{x}(i+j-\alpha) \right)^2 \quad (4)$$

- 15 Optimiarvo kertoimille  $b(k)$  voidaan määrittää siten, että etsitään sellainen kertoimen  $b(k)$  arvo, jolla virheen  $E$  muutos kertoimen  $b(k)$  suhteen on mahdollisimman pieni. Tämä voidaan laskea asettamalla virheyhtälön osittaisderivaatta  $b$ :n suhteen nolaksi ( $\partial E/\partial b=0$ ), jolloin saadaan yhtälö:

$$-2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha) + 2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} \left[ \left( \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j)\tilde{x}(i+j-\alpha) \right) \cdot \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha) \right] = 0 \quad (5)$$

- 20 eli

$$\sum_{i=0}^{N-1} \left[ \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j)\tilde{x}(i+j-\alpha) \cdot \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha) \right] = \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha)$$

- 25 Tämä yhtälö voidaan esittää matriisimuodossa, jolloin kertoimet  $b(k)$  voidaan määrittää ratkaisemalla matriisiyhtälö

$$\bar{b} = \bar{A}^{-1} \cdot \bar{r}$$

missä

$$\bar{b} = \begin{bmatrix} b_{-m_1} \\ b_{-m_1+1} \\ \vdots \\ b_{m_2} \end{bmatrix}, \quad \bar{r} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N-1} x(i)\tilde{x}(i-m_1-\alpha) \\ \vdots \\ \sum_{i=0}^{N-1} x(i)\tilde{x}(i+m_2-\alpha) \end{bmatrix},$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i-m_1-\alpha)\tilde{x}(i-m_1-\alpha) & \cdots & \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i-m_1-\alpha)\tilde{x}(i+m_2-\alpha) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i+m_2-\alpha)\tilde{x}(i-m_1-\alpha) & \cdots & \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i+m_2-\alpha)\tilde{x}(i+m_2-\alpha) \end{bmatrix}$$

Keksinnön mukaisessa menetelmässä pyritään käyttämään hyväksi audiosignaalin periodisuutta tehokkaammin kuin tunnetun tekniikan mukaisissa järjestelmissä. Tämä on aikaansaatu lisäämällä koodaimen adaptiivisuutta audiosignaalin taajuuden muutoksiin käyttämällä tarvittaessa useamman kertaluvun arviointia ja suorittamalla kertaluvun valinta määrävälein, sopivimmin kullekin kehykselle erikseen. Kertaluku ja LTP-kertoimet voivat siis vaihdella kehyksittäin. Keksinnön mukaisella menetelmällä on siis mahdollisuus lisätä koodauksen joustavuutta verrattuna tunnetun tekniikan mukaisiin, kiinteää kertalukua käyttäviin koodausmenetelmiin. Lisäksi, jos jossakin kehyksessä ei koodauksella voida vähentää lähetettävän informaation (bittien) määrää, voidaan keksinnön mukaisessa menetelmässä tällöin LTP-kertoimien ja virhesignaalin sijasta lähettää alkuperäinen signaali taajuustasoon muunnettuna.

Edellä esitetyt arviointi- ja muut laskentatoimenpiteet voidaan edullisesti toteuttaa ohjelmallisesti digitaalisen signaalinkäsittely-yksikön tai vastaavan ohjaimen 34 ohjelmakoodeina, ja/tai laitteistotason toteutuksena. Edellä olevan keksinnön kuvauksen perusteella alan ammattilainen kykenee toteuttamaan keksinnön mukaisen koodaimen 1, joten koodaimen 1 eri toiminnallisten lohkojen yksityiskohtaisempi tarkastelu ei tässä yhteydessä ole tarpeen.



Mainittujen LTP-kertoimien välittämisessä vastaanottimeen voidaan käyttää myös ns. koodaustaulukoita (look-up tables). Tällaiseen koodaustaulukkoon on tallennettu eri kerroinarvoja, jolloin kertoimen sijasta lähetetään tämän kertoimen indeksi koodaustaulukossa. Tämä koodaustaulukko on sekä koodaimen 1 että dekodaimen 33 tiedossa. Vastaanottovaiheessa voidaan lähetetyn indeksin perusteella koodaustaulukon avulla selvittää, mikä LTP-kerroin on kyseessä. Joissakin tapauksissa koodaustaulukon käytöllä voidaan vähentää lähetettävien bittien määrää verrattuna siihen, että LTP-kertoimet lähetetään.

10

Nyt esillä olevaa keksintöä ei ole muutenkaan rajoitettu ainoastaan edellä esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan sitä voidaan muunnella oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä audiosignaalin koodaamiseksi ja siirtämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä, jossa menetelmässä audiosignaalista otetaan näytteitä (x) väliajoin, jolloin joukko näytteitä (x) muodostaa kehyksen, näytteitä tallennetaan, ja suoritetaan koodausvaihe, jossa muodostetaan kehyksen dekodeamisessa tarvittavaa informaatiota, joka siirretään tiedonsiirtojärjestelmässä, jolloin dekodeausvaihe audiosignaalin rekonstruoimiseksi suoritetaan ainakin osittain tiedonsiirtojärjestelmässä siirretyn informaation perusteella, **tunnettu** siitä, että koodausvaiheessa suoritetaan ainakin seuraavat vaiheet:

- viiveen selvitysvaihe, jossa tallennettuja näytteitä ( $\tilde{x}$ ) verrataan kulloinkin välitettävänä olevaan audiosignaaliin vastesignaalin etsimiseksi, jolloin viive ( $\alpha$ ) määritetään vastesignaalin ja audiosignaalin aikaeron perusteella,
- arviointivaihe, jossa vastesignaalista muodostetaan ainakin kaksi ennustesignaalia pitkän aikavälin ennustuksella käyttämällä ainakin kahta eri kertalukua (M), jolloin kullakin kertaluvulla (M) suoritettavassa arviointivaiheessa muodostetaan joukko LTP-kertoimia ( $b(k)$ ),
- vertailuvaihe, jossa kullakin kertaluvulla (M) muodostettuja ennustesignaaleja verrataan koodattavana olevaan audiosignaaliin koodausvirheen selvittämiseksi, ja
- valintavaihe, jossa valitaan se kertaluku (M), jolla mainittu koodausvirhe on pienin.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä lisäksi suoritetaan seuraavat vaiheet:

- koodaustehokkuuden määrittelyvaihe, jossa
  - määritetään ensimmäinen vertailuarvo, joka on siirrettävän informaation määrä, jos dekodeamisessa tarvittava informaatio muodostetaan mainituissa viiveen selvitysvaiheessa, arviointivaiheessa, vertailuvaiheessa ja valintavaiheessa suoritettujen koodauksen perusteella, ja
  - määritetään toinen vertailuarvo, joka on siirrettävän informaation määrä, jos dekodeamisessa tarvittava informaatio muodostetaan audiosignaalin perusteella,
 jolloin koodaustehokkuus muodostetaan mainittujen ensimmäisen vertailuluvun ja toisen vertailuluvun suhteenä,

- informaation muodostusvaihe, jossa tiedonsiirtojärjestelmässä välitettävä informaatio muodostetaan koodatun informaation perusteella, jos koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi, muussa tapauksessa informaatio muodostetaan audiosignaalin perusteella.

5

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä suoritetaan audiosignaalin muunnos taajuustasoon audiosignaalin taajuusspektrin selvittämiseksi ja vastesignaalin muunnos taajuustasoon vastesignaalin taajuusspektrin selvittämiseksi, ja että

10

koodaustehokkuuden määrittämisvaiheessa käytetään mainittuja taajuustasoon muunnettuja audiosignaalia ja vastesignaalia.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muunnos taajuustasoon suoritetaan modifioidulla DCT-muunnoksella.

15

5. Jonkin patenttivaatimuksen 2—4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että arviointivaiheen perusteella muodostettu, tiedonsiirtojärjestelmässä välitettävä informaatio (501) käsittää koodaustehokkuuden ollessa suurempi kuin yksi ainakin tiedon informaation tyypistä (502), tiedon valitusta kertaluvusta (504), viiveen (505), LTP-kertoimet (506), ja tietoa koodausvirheestä (507).

20

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1—5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että koodausvaihe suoritetaan kullekin audiosignaalista muodostetulle kehykselle.

25

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1—6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että audiosignaali on puhesignaalia.

30

8. Tiedonsiirtojärjestelmä, joka käsittää välineet (3, 16, 20) audiosignaalin koodaamiseksi ja siirtämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä lähettävästä laitteesta (2, 31) vastaanottavaan laitteeseen (31, 2), joka lähettävä laite käsittää välineet (30, 4) näytteiden (x) ottamiseksi audiosignaalista väliajoin, jolloin joukosta näytteitä (x) on muodostettu kehys, välineet (5, 8) näytteiden (x) tallentamiseksi, ja koodausvälineet (1) kehyksen dekodeamisessa tarvittavan informaation muodostamiseksi, jolloin vastaanottava laite (31, 2) käsittää dekodeausvälineet (33) audiosignaalin rekonstruoimiseksi ainakin osittain tiedonsiirtojärjestel-

35

mässä siirretyn informaation perusteella, **tunnettu** siitä, että koodausvälineet käsittävät lisäksi:

- välineet (7) tallennettujen näytteiden ( $\tilde{x}$ ) vertaamiseksi kulloinkin välitettävänä olevan audiosignaalin vastesignaalin etsimiseksi ja viiveen ( $\alpha$ ) määrittämiseksi vastesignaalin ja audiosignaalin aikaeron perusteella,
- arviointivälineet (9, 10) ainakin kahden ennustesignaalin muodostamiseksi pitkän aikavälin ennustuksella käyttämällä ainakin kahta eri kertalukua (M), jolloin arviointivälineet käsittävät välineet (9) joukon LTP-kertoimia ( $b(k)$ ) muodostamiseksi kullekin kertaluvulle (M),
- vertailuvälineet (12) kullakin kertaluvulla (M) muodostettujen ennustesignaalien vertaamiseksi koodattavana olevaan audiosignaaliin koodausvirheen selvittämiseksi, ja
- valintavälineet kertaluvun (M) valitsemiseksi pienimmän mainitun koodausvirheen perusteella.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, **tunnettu** siitä, että lähettävä laite (2, 31) käsittää lisäksi:

- koodaustehokkuuden määrittämisvälineet (12), jossa koodaustehokkuus on järjestetty määritettäväksi ensimmäisen vertailuarvon ja toisen vertailuarvon suhteena, joka mainittu ensimmäinen vertailuarvo on määritetty siirrettävän informaation määränä, jos dekodeamisessa tarvittava informaatio on muodostettu mainituissa koodausvälineissä (1) suoritettun koodauksen perusteella, ja mainittu toinen vertailuarvo on määritetty siirrettävän informaation määränä, jos dekodeamisessa tarvittava informaatio on muodostettu audiosignaalin perusteella, ja
- informaation muodostusvälineet (13, 14, 15) kehyksen dekodeamisessa tarvittavan, tiedonsiirtojärjestelmässä välitettävän informaation (501) muodostamiseksi arviointivälineissä (9, 10) koodatun informaation perusteella, jos koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi, muussa tapauksessa audiosignaalin perusteella.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää lisäksi ensimmäiset muunnosvälineet (6) audiosignaalin muuntamiseksi taajuustasoon ja toiset muunnosvälineet (11) vastesignaalin muuntamiseksi taajuustasoon.

11. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, **tunnettu** siitä, että arviointivälineissä (9, 10) muodostettu, tiedonsiirtojärjestelmässä välitettävä informaatio (501) käsittää ainakin tiedon informaation tyypistä (502), tiedon valitusta kertaluvusta (504), viiveen (505), LTP-kertoimet (506), ja koodausvirheen (507), jos määritetty koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi.

12. Jonkin patenttivaatimuksen 8—11 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, **tunnettu** siitä, että koodausvälineet (1) käsittävät välineet (34) koodauksen suorittamiseksi kullekin audiosignaalista muodostetulle kehyselle.

13. Jonkin patenttivaatimuksen 8—12 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, **tunnettu** siitä, että audiosignaali on puhesignaalia.

14. Koodain (1), joka käsittää välineet (30, 4) näytteiden (x) ottamiseksi audiosignaalista väliajoin, jolloin joukosta näytteitä (x) on muodostettu kehys, välineet (5, 8) näytteiden (x) tallentamiseksi, ja koodausvälineet kehyksen dekodeamisessa tarvittavan informaation muodostamiseksi, **tunnettu** siitä, että koodausvälineet käsittävät lisäksi:

- välineet (7) tallennettujen näytteiden ( $\tilde{x}$ ) vertaamiseksi kulloinkin välitettävänä olevan audiosignaalin vastesignaalin etsimiseksi ja viiveen ( $\alpha$ ) määrittämiseksi vastesignaalin ja audiosignaalin aikaeron perusteella,
- arviointivälineet (9, 10) ainakin kahden ennustesignaalin muodostamiseksi pitkän aikavälin ennustuksella käyttämällä ainakin kahta eri kertalukua (M), jolloin arviointivälineet käsittävät välineet (9) joukon LTP-kertoimia (b(k)) muodostamiseksi kullekin kertaluvulle (M),
- vertailuvälineet (12) kullakin kertaluvulla (M) muodostettujen ennustesignaalien vertaamiseksi koodattavana olevaan audiosignaaliin koodausvirheen selvittämiseksi, ja
- valintavälineet kertaluvun (M) valitsemiseksi pienimmän mainitun koodausvirheen perusteella.

15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen koodain (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää lisäksi:

- koodaustehokkuuden määrittämisvälineet (12), jossa koodaustehokkuus on järjestetty määritettäväksi ensimmäisen vertailuarvon ja toisen

- vertailuarvon suhteena, joka mainittu ensimmäinen vertailuarvo on määritetty siirrettävän informaation määränä, jos dekodeamisessa tarvittava informaatio on muodostettu mainituissa koodausvälineissä (1) suoritettun koodauksen perusteella, ja mainittu toinen vertailuarvo on määritetty siirrettävän informaation määränä, jos dekodeamisessa tarvittava informaatio on muodostettu audiosignaalin perusteella, ja
- 5 – informaation muodostusvälineet (13, 14, 15) kehyksen dekodeamisessa tarvittavan, tiedonsiirtojärjestelmässä välitettävän informaation (501) muodostamiseksi arviointivälineissä (9, 10) koodatun informaation perusteella, jos koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi, muussa tapauksessa audiosignaalin perusteella.
- 10 16. Dekoodain (33), joka käsittää dekodeausvälineet audiosignaalin rekonstruoinniseksi ainakin osittain koodaimen koodausvälineissä muodostetun dekodeamisessa tarvittavan informaation perusteella, joka informaatio on muodostettu ottamalla näytteitä (x) audiosignaalista väliajoin, jolloin joukosta näytteitä (x) on muodostettu kehys, **tunnettu** siitä, että dekodeausvälineet käsittävät välineet (21) koodaimen koodausvälineissä (9, 10) määritetyn viiveen ( $\alpha$ ), valitun kertaluvun (M), valitulla kertaluvulla muodostetun joukon LTP-kertoimia (b(k)), ja koodausvirheen selvittämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä siirretystä informaatiosta.
- 20 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen dekodain (33), **tunnettu** siitä, että dekodain (33) käsittää lisäksi välineet (21, 34) dekodeamisessa tarvittavan informaation muodostamismenetelmän selvittämiseksi, joka informaatio on muodostettu joko koodaimen koodausvälineissä määritetyn viiveen ( $\alpha$ ), valitun kertaluvun (M), valitulla kertaluvulla muodostetun joukon LTP-kertoimia (b(k)), ja määritetyn koodausvirheen perusteella, tai informaatio on muodostettu alkuperäisestä audiosignaalista, ja välineet (22, 23, 24, 25, 26, 28) dekodeamisen suorittamiseksi valittua koodausmenetelmää vastaavalla dekodeausmenetelmällä.
- 30 18. Koodain/dekodain (1, 33), joka käsittää välineet (30, 4) näytteiden (x) ottamiseksi audiosignaalista väliajoin, jolloin joukosta näytteitä (x) on muodostettu kehys, välineet (5, 8) näytteiden (x) tallentamiseksi, koodausvälineet kehyksen dekodeamisessa tarvittavan infor-
- 35

maation muodostamiseksi, ja dekodausvälineet audiosignaalin rekonstruoimiseksi koodaimen arviointivälineissä (9, 10) muodostetun dekodauksessa tarvittavan informaation perusteella, **tunnettu** siitä, että koodausvälineet käsittävät:

- 5 – välineet (7) tallennettujen näytteiden ( $\tilde{x}$ ) vertaamiseksi kulloinkin välitettävänä olevan audiosignaalin vastesignaalin etsimiseksi ja viiveen ( $\alpha$ ) määrittämiseksi vastesignaalin ja audiosignaalin aikaeron perusteella,
- arviointivälineet (9, 10) ainakin kahden ennustesignaalin muodostamiseksi pitkän aikavälin ennustuksella käyttämällä ainakin kahta eri kertalukua (M), jolloin arviointivälineet käsittävät välineet (9) joukon LTP-kertoimia ( $b(k)$ ) muodostamiseksi kullekin kertaluvulle (M),
- vertailuvälineet (12) kullakin kertaluvulla (M) muodostettujen ennustesignaalien vertaamiseksi koodattavana olevaan audiosignaaliin
- 15 koodausvirheen selvittämiseksi, ja
- valintavälineet kertaluvun (M) valitsemiseksi pienimmän mainitun koodausvirheen perusteella,

ja että dekodausvälineet käsittävät välineet (21) koodaimen arviointivälineissä (9, 10) määritetyn viiveen ( $\alpha$ ), valitun kertaluvun (M), valitulla kertaluvulla muodostetun joukon LTP-kertoimia ( $b(k)$ ), ja koodausvirheen selvittämiseksi koodauksessa muodostetusta informaatiosta.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen koodain/dekoodain (1, 33), **tunnettu** siitä, että koodausvälineet käsittävät lisäksi:

- 25 – koodaustehokkuuden määrittämisvälineet (12), jossa koodaustehokkuus on järjestetty määritettäväksi ensimmäisen vertailuarvon ja toisen vertailuarvon suhteena, joka mainittu ensimmäinen vertailuarvo on määritetty siirrettävän informaation määränä, jos dekodauksessa tarvittava informaatio on muodostettu mainituissa koodausvälineissä (1) suoritettujen koodauksien perusteella, ja mainittu toinen vertailuarvo on määritetty siirrettävän informaation määränä, jos dekodauksessa tarvittava informaatio on muodostettu audiosignaalin perusteella, ja
- informaation muodostusvälineet (13, 14, 15) kehyksen dekodauksessa tarvittavan, tiedonsiirtojärjestelmässä välitettävän informaation (501) muodostamiseksi arviointivälineissä (9, 10) koodatun informaation perusteella, jos koodaustehokkuus on suurempi kuin yksi, muussa tapauksessa audiosignaalin perusteella,
- 35

jolloin dekodausvälineet käsittävät lisäksi välineet (21, 34) dekodauksessa tarvittavan informaation muodostamismenetelmän selvittämiseksi, joka informaatio on muodostettu joko koodaimen koodausvälineissä määritetyn viiveen ( $\alpha$ ), valitun kertaluvun ( $M$ ), valitulla kertaluvulla muodostetun joukon LTP-kertoimia ( $b(k)$ ), ja määritetyn koodausvirheen perusteella, tai informaatio on muodostettu alkuperäisestä audiosignaalista, ja välineet (22, 23, 24, 25, 26, 28) dekodauksen suorittamiseksi valittua koodausmenetelmää vastaavalla dekodausmenetelmällä.

10

20. Patenttivaatimuksen 18 tai 19 mukainen koodain/dekoodain (1, 33), **tunnettu** siitä, että se on muodostettu langattomaan viestimeen (2), joka käsittää lisäksi välineet (3, 16, 20) audiosignaalin välittämässä käytettävän informaation lähettämiseksi ja vastaanottamiseksi.

15

21. Patenttivaatimuksen 18, 19 tai 20 mukainen koodain/dekoodain (1, 33), **tunnettu** siitä, että se on muodostettu tukiasemaan (31), joka käsittää lisäksi välineet (3, 16, 20) audiosignaalin välittämässä käytettävän informaation lähettämiseksi ja vastaanottamiseksi.

20

22. Menetelmä tiedonsiirtojärjestelmässä koodaamiseksi ja siirtämiseksi audiosignaalin dekodauksiseksi, josta audiosignaalista otetaan näytteitä ( $x$ ) väliajoin, jolloin joukko näytteitä ( $x$ ) muodostaa kehyksen, näytteitä tallennetaan, ja suoritetaan koodausvaihe, jossa muodostetaan kehyksen dekodauksessa tarvittavaa informaatiota, joka siirretään tiedonsiirtojärjestelmässä, jolloin dekodausvaihe audiosignaalin rekonstruoimiseksi suoritetaan ainakin osittain tiedonsiirtojärjestelmässä siirretyn informaation perusteella, **tunnettu** siitä, että dekodausvaiheessa selvitetään koodausvaiheessa määritetty viive ( $\alpha$ ), valittu kertaluku ( $M$ ), valitulla kertaluvulla muodostettu joukko LTP-kertoimia ( $b(k)$ ), ja koodausvirhe.

25

30

35

23. Patenttivaatimuksen 22 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä lisäksi selvitetään dekodauksessa tarvittavan informaation muodostamismenetelmä, joka informaatio muodostetaan joko koodausvaiheessa määritetyn viiveen ( $\alpha$ ), valitun kertaluvun ( $M$ ), valitulla kertaluvulla muodostetun joukon LTP-kertoimia ( $b(k)$ ), ja määrite-



tyn koodausvirheen perusteella, tai informaatio muodostetaan alkupe-  
räisestä audiosignaalista, ja dekoddaaminen suoritetaan selvitettyä  
koodausmenetelmää vastaavalla dekoddausmenetelmällä.

(57) Tiivistelmä:

Keksintö kohdistuu menetelmään audiosignaalin koodauksen ja siirron tehostamiseksi. Menetelmässä suoritetaan näytteiden ( $x$ ) ottaminen audiosignaalista väliajoin, jolloin joukko näytteitä ( $x$ ) muodostaa kehyksen. Menetelmässä näytteitä tallennetaan, ja suoritetaan koodausvaihe, jossa muodostetaan kehyksen dekodauksessa tarvittavaa informaatiota, joka siirretään tiedonsiirtojärjestelmässä. Dekoodausvaihe audiosignaalin rekonstruoimiseksi suoritetaan ainakin osittain tiedonsiirtojärjestelmässä siirretyn informaation perusteella. Koodausvaiheessa suoritetaan ainakin seuraavat vaiheet. Viiveen selvitysvaiheessa tallennettuja näytteitä ( $\tilde{x}$ ) verrataan kulloinkin välitettävänä olevaan audiosignaaliin vastesignaalin etsimiseksi, jolloin viive ( $\alpha$ ) määritetään vastesignaalin ja audiosignaalin aikaeron perusteella. Arviointivaiheessa vastesignaalista muodostetaan ainakin kaksi ennustesignaalia pitkän aikavälin ennustuksella käyttämällä ainakin kahta eri kertalukua ( $M$ ), jolloin kullakin kertaluvulla ( $M$ ) suoritettavassa arviointivaiheessa muodostetaan joukko LTP-kertoimia ( $b(k)$ ). Vertailuvaiheessa kullakin kertaluvulla ( $M$ ) muodostettuja ennustesignaaleja verrataan koodattavana olevaan audiosignaaliin sopivimmin keskimääräisen koodausvirheen selvittämiseksi. Valintavaiheessa valitaan se kertaluku ( $M$ ), jolla mainittu koodausvirhe on pienin.

Fig. 1



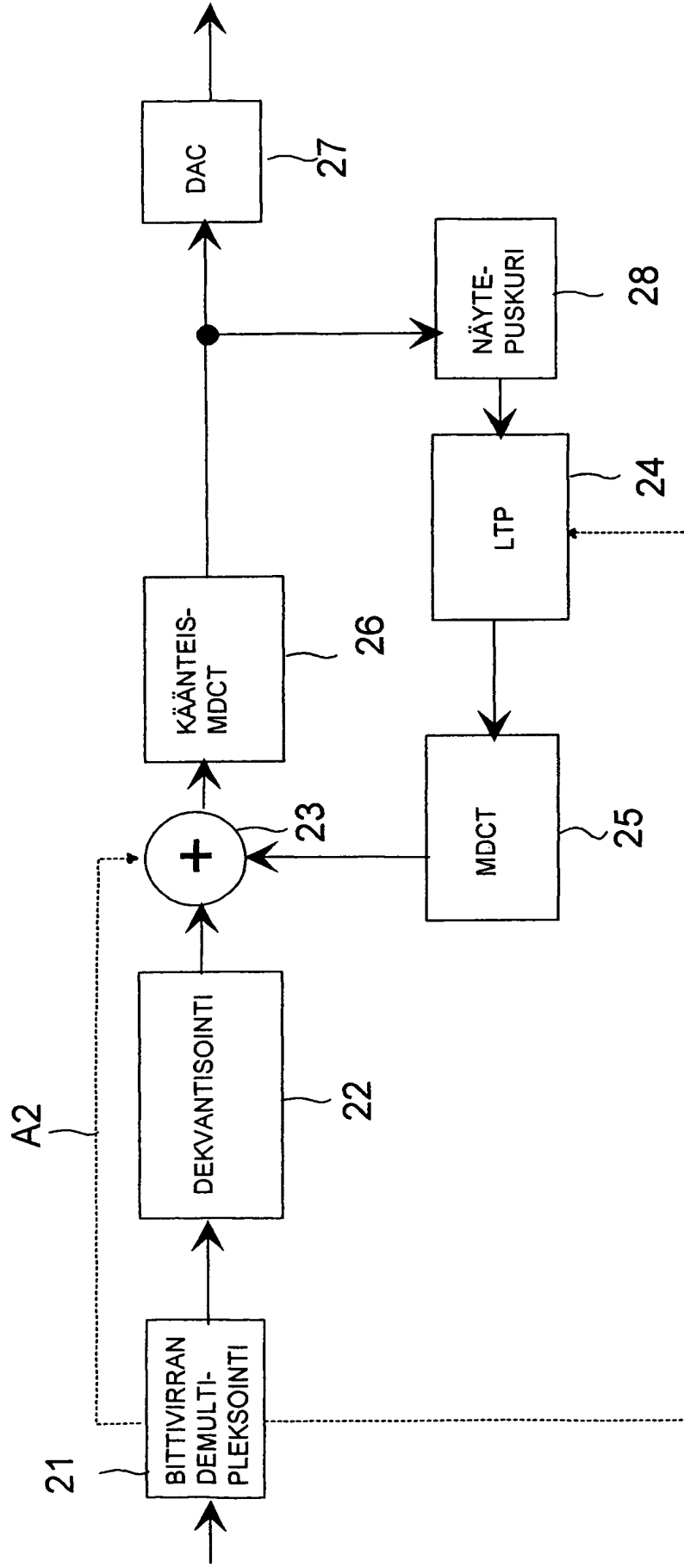


Fig 2

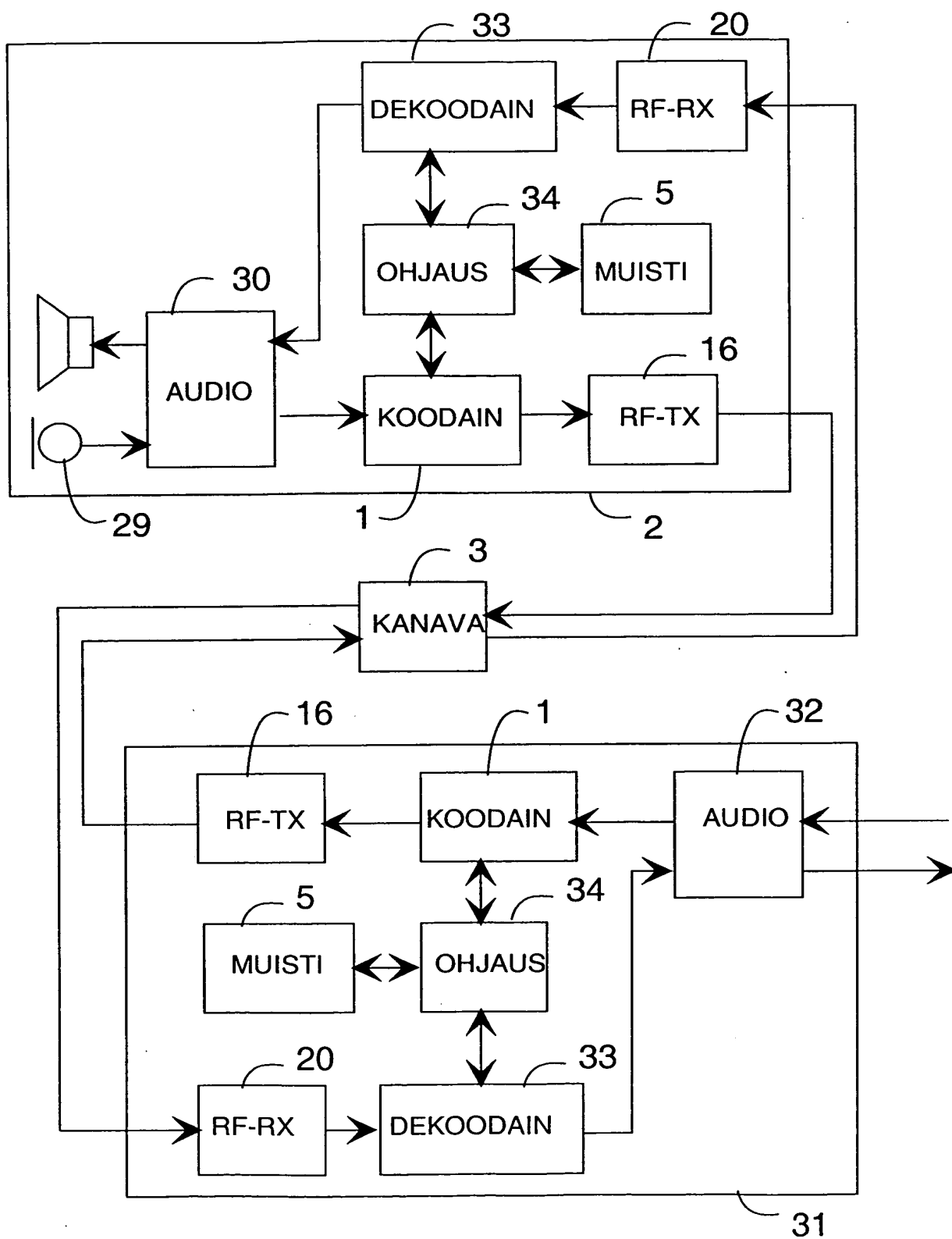


Fig. 3

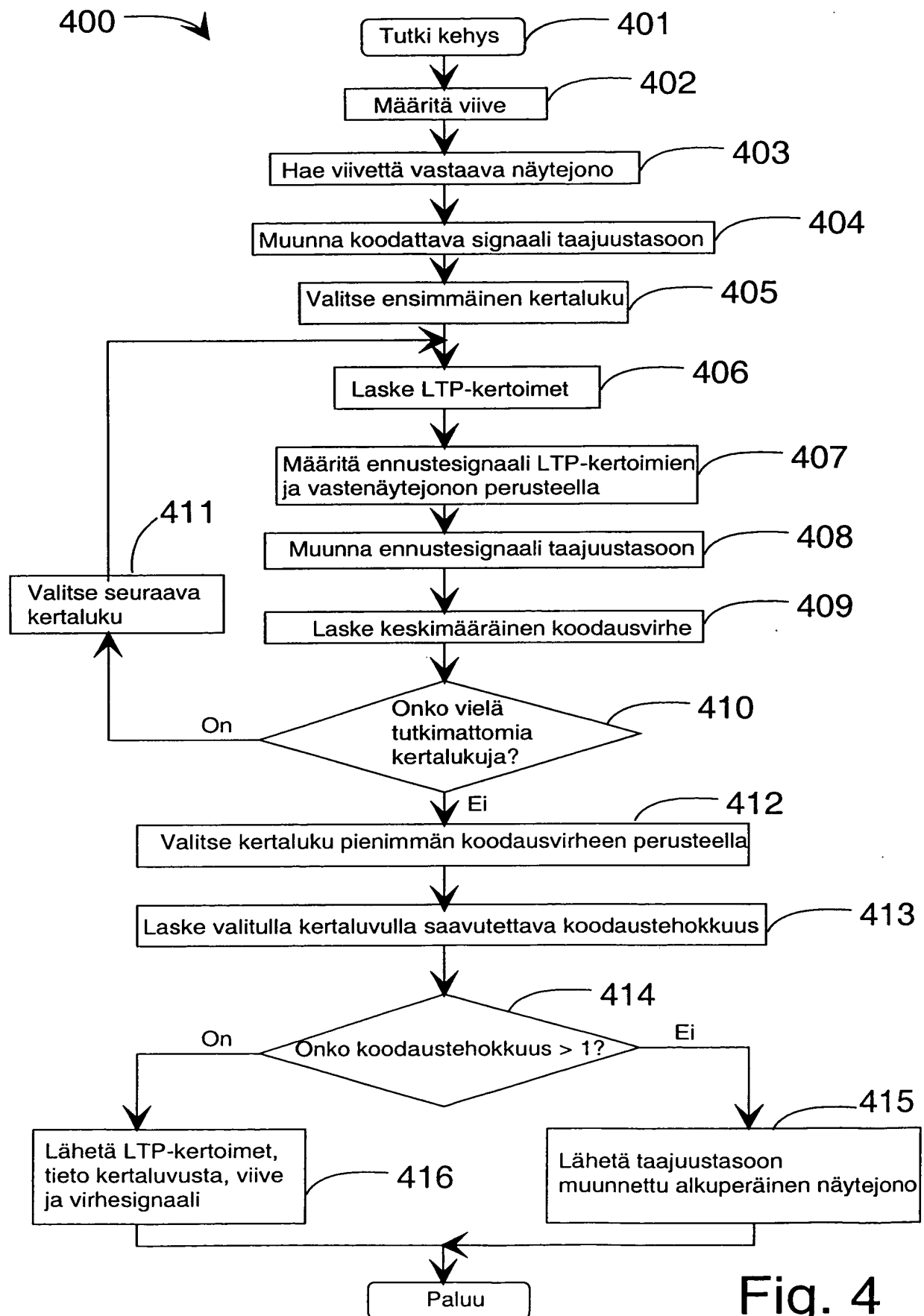


Fig. 4

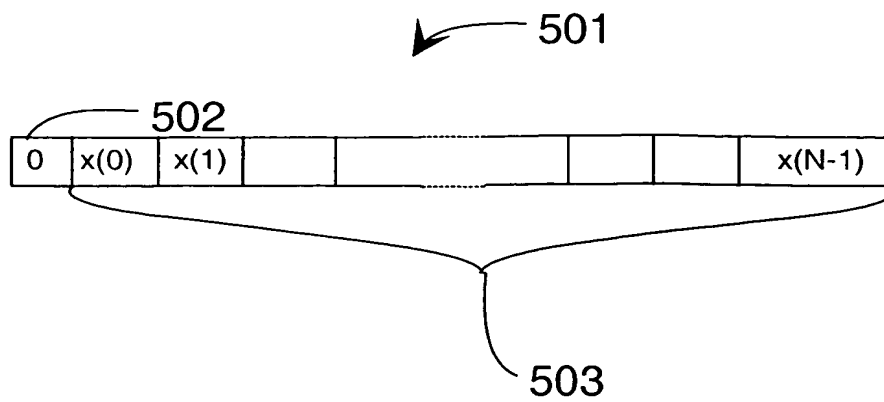


Fig. 5a

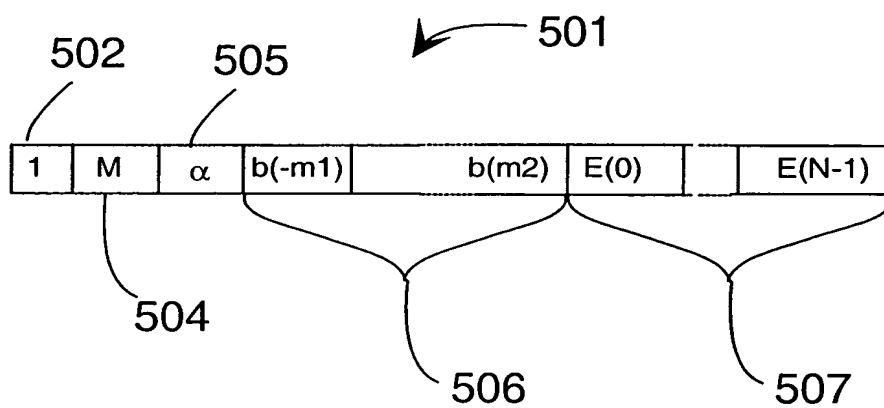


Fig. 5b

## CERTIFICATE

I, Tuulikki Tulivirta, hereby certify that, to the best of my knowledge and belief, the following is a true translation, for which I accept responsibility, of a certified copy of Finnish Patent Application 991537 filed on 5 July 1999.

Tampere, 26 June 2000



*Tuulikki Tulivirta*

Tuulikki Tulivirta  
Certified Translator (Act 1148/88)

Tampereen Patenttitoimisto Oy  
Hermiankatu 6  
FIN-33720 TAMPERE  
Finland



## Method for improving the coding and transmission of an audio signal

5 The present invention relates to a method according to the preamble of the appended claim 1 for improving the transmission of an audio signal and increasing the coding accuracy in a data transmission system, in which the audio signal is sampled, and the samples are divided into frames, wherein, for the purpose of coding, the samples of the frame to be transmitted are examined in comparison with samples that have  
10 been produced earlier. The invention also relates to a data transmission system according to the appended claim 8, to an encoder according to the preamble of the appended claim 14, to a decoder according to the preamble of the appended claim 16, an encoder/decoder according to the preamble of the appended claim 18,  
15 and to a decoding method according to the preamble of the appended claim 22.

Different speech coding systems produce coded signals from an analog audio signal, such as a speech signal, which are transmitted to a  
20 receiver by means of data transmission methods used in the data transmission system. In the receiver, an audio signal is produced on the basis of these coded signals. The amount of information to be transmitted is affected e.g. by the band-width used for the coded information in the system as well as by the efficiency with which the  
25 coding can be executed at the transmission stage.

For the purpose of coding, digital samples are produced from the analog signal e.g. at intervals of 0.125 ms. These samples are processed in groups of a fixed size, for example in groups of samples  
30 produced during a period of approximately 20 ms, which are subjected to coding procedures. These groups of samples taken at intervals are also referred to by the term "frame".

35 The aim of speech coding systems is to produce a sound quality which is as good as possible within the scope of the available bandwidth. Here, the periodicity present in the audio signal, especially in the speech signal, is utilized. This periodicity in speech results e.g. from vibrations in the vocal cords. Typically the period of vibration is in the

order of 2 ms to 20 ms. In numerous speech coders according to prior art, a so-called long-term prediction (LTP) is used, the purpose of which is to evaluate and utilize this periodicity in the coding. Thus, during the encoding stage, the part (frame) of an audio signal to be coded is compared with audio signals which have been coded earlier. If a nearly similar signal is located in the stored samples, the lag between the located signal and the signal to be coded is examined. In addition, on the basis of the samples of the located signal and the signal to be coded an error signal is produced. Thus, coding is advantageously performed in such a way that only the lag information and the error signal are transmitted. In the receiver, the correct samples are retrieved from the memory and combined with the error signal on the basis of the lag. Mathematically, the operation of such a block for evaluating the periodicity (pitch predictor) can be illustrated e.g. in the first order case by means of the following transfer function

$$P(z) = \beta z^{-\alpha}$$

in which  $\beta$  is the coefficient of the pitch predictor block and  $\alpha$  is the lag representing the periodicity. In the case of a periodic signal, the signal to be coded can be represented by means of a signal which has been coded a lag earlier by performing a multiplication between the samples of the earlier signal and the coefficient. Correspondingly, in the case of several orders it is possible to use a more general transfer function:

$$P(z) = \sum_{k=-m_1}^{m_2} \beta_k z^{-(\alpha+k)}$$

The aim is to select coefficients  $\beta_k$  for each frame in such a way that the coding error, i.e. the difference between the actual signal and the signal formed using the preceding samples, is as small as possible. Advantageously, those coefficients are selected to be used in the coding with which the smallest error is achieved using the least squares method. These coefficients are updated advantageously frame-by-frame.

The patent US-5,528,629 discloses a prior art speech coding system. In the system, a short-term prediction (STP) is used as well as a first order long-term prediction.

5 However, prior art coders have the disadvantage, that no attention is paid to the effect of the audio signal frequency on the possible periodicity. Thus the periodicity of the signal cannot be utilized effectively in all situations and the amount of coded information becomes unnecessarily large, or the sound quality of the audio signal  
10 reconstructed in the receiver deteriorates.

One purpose of the present invention is to implement a method for improving the transmission of audio signals in a data transmission system, the transfer being more accurate than in methods of prior art.  
15 In an encoder according to the invention, the aim is to predict the audio signal to be coded frame-by-frame as accurately as possible and with the smallest possible amount of information to be transmitted. The method according to the present invention is characterized in what is presented in the characterizing part of the appended claim 1. The data  
20 transmission system according to the present invention is characterized in what is presented in the characterizing part of the appended claim 8. The encoder according to the present invention is characterized in what is presented in the characterizing part of the appended claim 14. The decoder according to the present invention is characterized in what is  
25 presented in the characterizing part of the appended claim 16. The encoder/decoder according to the present invention is characterized in what is presented in the characterizing part of the appended claim 18. Furthermore, the decoding method according to the present invention is characterized in what is presented in the characterizing part of the  
30 appended claim 22.

With the present invention, considerable advantages are achieved when compared to solutions according to prior art. Using the method according to the invention, it is possible to improve the quality of the  
35 audio signal to be transmitted when compared to prior art methods, without having to increase the data transmission rate. With the method according to the invention it is also possible to better take into account the periodicities of different frequencies that exist in the audio signal.

In the following, the invention will be described in more detail with reference to the appended drawings in which

- 5 Fig. 1 shows an encoder according to a preferred embodiment of the invention,
- Fig. 2 shows a decoder according to a preferred embodiment of the invention,
- 10 Fig. 3 is a reduced block diagram presenting a data transmission system according to a preferred embodiment of the invention,
- 15 Fig. 4 is a reduced flow diagram showing a method according to a preferred embodiment of the invention, and
- 20 Figs. 5a and 5b are examples of data transmission frames generated by the encoder according to a preferred embodiment of the invention.

Fig. 1 is a reduced block diagram showing an encoder 1 according to a preferred embodiment of the invention. Fig. 4 is a reduced flow diagram

25 401 showing the method according to the invention. The encoder 1 is, for example, a speech coder of a wireless communication device 2 (Fig. 3) for converting an audio signal into a coded signal to be transmitted in a data transmission system such as a mobile communication network or the Internet network. Thus, a decoder 33 is advantageously in a

30 base station of the mobile communication network. Correspondingly, an analog audio signal, e.g. a signal produced in a microphone 29 and amplified in an audio block 30 if necessary, is converted in an analog/digital converter 4 into a digital signal. The accuracy of the conversion is e.g. 8 or 12 bits, and the interval (time resolution)

35 between successive samples is e.g. 0.125 ms. It is obvious that the numerical values presented in this description are only examples clarifying, not restricting the invention.

The samples produced from the audio signal are stored in a sample buffer (not shown), which can be implemented in a way known as such e.g. in the memory means 5 of the wireless communication device 2. Advantageously a predetermined number of samples is transmitted to the encoder 1 to be coded, e.g. the samples produced within a period of 20 ms (= 160 samples). These samples are advantageously transmitted to a transform block 6 in which the audio signal is transformed from the time domain to a transform domain (frequency domain) for example by means of a modified discrete cosine transform (MDCT). The output of the transform block 6 provides a group of values which represent the properties of the transformed signal in the frequency domain. This transformation is shown in block 404 in the flow diagram of Fig. 4.

An alternative implementation for transforming a time domain signal to the frequency domain is a filter bank composed of several band-pass filters. The pass band of each filter is relatively narrow, wherein the magnitudes of the signals at the outputs of the filters represent the frequency spectrum of the signal to be transformed.

A lag block 7 determines which preceding sequence of samples best corresponds to the frame to be coded at a given time (block 402). This stage of determining the lag is advantageously conducted in such a way that the lag block 7 compares the values stored in a reference buffer 8 with the samples of the frame to be coded and calculates e.g. using a least squares method, the error between the samples to be coded and the samples to be compared. Preferably, the sequence of samples composed of successive samples and having the smallest error is selected as **response sequence of samples**.

When the **response sequence of samples** is selected from the stored samples in the lag block 7 (block 403), the lag block 7 transmits information concerning it to a coefficient calculation block 9, in order to conduct the evaluation stage. Thus, in the coefficient calculation block 9, the LTP coefficients  $b(k)$  for different orders, such as 1., 3., 5., and 7., of a pitch predictor block 10 are calculated on the basis of the samples in the **response sequence of samples**. In the flow diagram, these stages are shown in blocks 405—411. It is obvious that the

orders presented here function only as examples clarifying, not restricting the invention. The invention can also be applied with other orders, and the number of orders available can also differ from the total of four orders presented herein. The LTP coefficients are preferably  
5 quantized in such a way that the reconstructed signal produced in the decoder 33 of the receiver corresponds to the original as closely as possible in error-free data transmission conditions. In quantization, as high a resolution as possible should be used as well as small quantization intervals (steps), to minimize errors caused by rounding.

10 After the LTP coefficients have been calculated, they are quantized, wherein quantized LTP coefficients are obtained. Furthermore, it is also possible to calculate the coding error produced in the prediction of each order (block 409). To perform this comparison stage, the stored  
15 samples in the **response sequence of samples** are transmitted to the pitch predictor block 10 in which a predicted signal is produced for each order from the samples of the **response sequence of samples** using the calculated and quantized LTP coefficients  $b(k)$  for each order. Each predicted signal represents the prediction of the signal to be coded,  
20 evaluated using the order in question. In the present preferred embodiment of the invention, the predicted signals are transmitted to a second transform block 11 in which they are transformed into the frequency domain. Thereafter these frequency domain transformed values are compared with the frequency domain of the sequence of  
25 samples to be coded to determine the coding error, i.e. to determine the correspondence between the frequency spectrum of the predicted signal and the frequency spectrum of the actual signal. This second transform block 11 performs the transformation using two or more different orders, wherein sets of transformation factors corresponding to  
30 different orders are produced. The pitch predictor block 10 and the second transform block can be implemented so that they are shared by different orders, or a separate pitch predictor block 10 and a separate second transform block 11 can be implemented for each order.

35 In a calculation block 12 the coding error is calculated on the basis of the frequency domain representation of the actual signal and the signal produced by each order of the pitch predictor block 10 and transformed to the frequency domain. This coding error is preferably calculated

using a least squares method to determine the order with which e.g. the smallest average coding error can be attained. Thus, the order with which the smallest coding error is attained is selected for the coding of the frame to be coded (block 412). Calculation of the coding error and selection of the order is conducted at intervals, preferably separately for each frame, wherein in different frames it is possible to use the order which best corresponds to the properties of the audio signal at a given time.

Furthermore, after the order of the pitch predictor block 10 has been selected, a coding efficiency (prediction gain) is calculated in the calculation block 12 to determine the information to be transmitted to the data transmission channel (block 413). The aim is to minimize the amount of information (bits) to be transmitted (quantitative minimization) as well as the distortions in the signal (qualitative maximization). In order to reconstruct the signal in the receiver on the basis of the preceding samples stored in the receiving device, it is necessary to transmit e.g. the coefficients of the pitch predictor block 10 for the selected order, information concerning the order, the lag, and information about the coding error to the receiver. Advantageously, the coding efficiency indicates whether it is possible to transmit the information necessary to decode the signal encoded in the pitch predictor block 10 with a smaller number of bits than necessary to transmit the original signal. This can be implemented for example in such a way that a first reference value is defined, representing the amount of information to be transmitted if the information necessary for decoding is produced on the basis of the coding executed at said lag determining stage, evaluation stage, comparison stage and selection stage. Additionally, a second reference value is defined, representing the amount of information to be transmitted if the information necessary for decoding is formed from the original audio signal. The coding efficiency is advantageously the ratio of the first reference value to the second reference value. If the coding efficiency is higher than one, it indicates that the coding information can be transmitted with a smaller number of bits than the original signal. In the calculation block 12 the number of bits necessary for the transmission of these different alternatives is determined, advantageously by means of calculations.

Thereafter the calculation block 12 selects the alternative in which the number of bits to be transmitted is smaller (block 414).

5 If the coding efficiency is not greater than one, the frequency spectrum of the original signal should be advantageously transmitted, wherein a bit string 501 to be transmitted to the data transmission channel is formed advantageously in the following way (block 415). Information from the calculation block 12 relating to the selected transmission alternative is transferred to a first summing block 13, in which the  
10 frequency domain transformed values are selected to be transmitted to a quantization block 14. This transmission of the frequency domain transformed values of the original audio signal to the frequency domain is illustrated by line A1 in the block diagram of Fig. 1. In the quantization block 14, the frequency domain transformed signal values  
15 are quantized in a way known as such. The quantized values are transferred to a multiplexing block 15, in which the bit string to be transmitted is formed. Figs. 5a and 5b show an example of a bit string structure which can be advantageously applied in connection with the present invention. A first logical value e.g. the logical 0 state is used as  
20 coding information 502 to indicate that the frequency domain transformed values representing the original signal are transmitted in the bit string in question. In addition to the coding information 502, the values themselves are transmitted in the bit string quantized to a given accuracy. The field used for transmission of these values is marked  
25 with the reference numeral 503 in the appended Fig. 5a. The number of values transmitted in each bit string depends on the sampling frequency and on the length of the frame examined at a time. In this situation, order information, LTP coefficients, lag and error information are not transmitted because the signal is reconstructed in the receiver  
30 on the basis of the frequency domain values transmitted in the bit string 501.

35 If the coding efficiency is greater than one, the bit string 501 (Fig. 5b) to be transmitted to the data transmission channel is formed advantageously in the following way (block 416). Information relating to the selected transmission alternative is transmitted from the calculation block 12 to the first summing block 13, in which the quantized LTP coefficients are selected to be transferred to the multiplexing block 15.



This is illustrated by a line B1 in the block diagram of Fig. 1. It is obvious that the LTP coefficients can also be transferred to the multiplexing block 15 in another way than via the first summing block 13. The bit string to be transmitted is formed in the multiplexing block 15. A second logical value, e.g. the logical 1 state is used as coding information 502, to indicate that said quantized LTP coefficients are transmitted in the bit string in question. The bits of an order field 504 are set according to the selected order. If there are four different orders available, two bits (00, 01, 10, 11) are sufficient to indicate which order is selected at a given time. In addition, information on the lag is transmitted in the bit string in a lag field 505. In this preferred example, the lag is indicated with 11 bits but it is obvious that other lengths can also be applied within the scope of the invention. The quantized LTP coefficients are added to the bit string of the coefficient field 506. If the order is one, only one coefficient is transmitted, if the order is three, three coefficients are transmitted, etc. The number of bits used in the transmission of the coefficients can also vary in different embodiments. In an advantageous embodiment the first order coefficient is indicated with three bits, the third order coefficients with five bits, the fifth order coefficients with nine bits and the seventh order coefficients with ten bits. Generally, it can be stated that the higher the selected order, the larger the number of bits required for transmission of the quantized LTP coefficients.

In addition to the aforementioned information, it is necessary to transmit error information in an error field 507. This error information, i.e. coding error, is advantageously produced in the calculation block 12 as a difference signal between the frequency spectrum of the the signal to be coded and the signal that can be decoded using the produced quantized LTP coefficients. This error signal is transferred e.g. via the first summing block 13 to the quantization block 14 to be quantized. From the quantization block 14 the quantized error signal is transferred to the multiplexing block 15, in which the quantized error signal is added to the error field 507 of the bit string.

From the quantization and coding block 14 the coded signal is also transferred to a dequantization block 17 of the encoder. From the dequantization block 17 the dequantized signal is transferred to a

second summing block 18 which produces sampled frequency domain data that corresponds to the coded sequence of samples. This sampled frequency domain data is transformed to the time domain in an inverse modified DCT transformer 19 from which the sequence of samples is transferred to the reference buffer 8 to be stored and used in connection with the coding of the sequence of samples of the following frames. The storage capacity of the reference buffer 8 is selected according to the amount of sequence of samples necessary to attain the coding efficiency of the application in question. In the reference buffer 8, new sequence of samples is preferably stored on top of the oldest sequence of samples, i.e. the buffer in question is a so-called ring buffer.

The bit string formed in the encoder 1 is transferred to a transmitter 16, in which modulation is performed in a way known as such. The modulated signal is transferred via the data transmission channel 3 to the receiver e.g. in radio frequency signals.

In a receiving device 31, the signal received from the data transmission channel is demodulated in a way known as such in a receiver block 20. The information contained in the demodulated data frame is determined in the decoder 33. In a demultiplexing block 21 of the decoder 33 it is first examined on the basis of the coding information 502 of the bit string, whether the received information was formed on the basis of the original sequence of samples. If the bit string 501 formed in the encoder 1 does not contain the frequency domain transformed values of the original signal, decoding is advantageously conducted in the following way. The order  $M$  used in the pitch predictor block 24 is determined from the order field 504 and the lag is determined from the lag field 505. The quantized LTP coefficients received in the coefficient field 506 of the bit string 501, as well as information concerning the order and the lag are transferred to the pitch predictor block 24 of the decoder. This is illustrated by line B2 in Fig. 2. The quantized values of the error signal are dequantized in a dequantization block 22 and transferred to a summing block 23 of the decoder. On the basis of the lag information, the pitch predictor block 24 of the decoder retrieves the necessary number of samples from a sample buffer 28, and performs a transformation according to the selected order  $M$ , in which the pitch

predictor block 24 utilizes the received LTP coefficients. Thereby a first reconstructed time domain signal is produced, which is transformed into the frequency domain in a transform block 25. This frequency domain signal is transferred to the summing block 23, wherein a frequency domain signal is produced as a sum of this signal and the error signal which, in error-free data transmission conditions substantially corresponds to the original coded signal in the frequency domain. This frequency domain signal is transformed to the time domain by means of an inverse modified DCT transform in a inverse transform block 26, wherein a digital audio signal is present at the output of the inverse transform block 26. This signal is converted to an analog signal in a digital/analog converter 27 and amplified if necessary and transmitted to other further processing stages in a way known as such. In Fig. 3, this is illustrated by audio block 32.

If the bit string 501 formed in the encoder 1 comprises the values of the original signal transformed into the frequency domain, the decoding is advantageously conducted in the following way. The quantized frequency domain transformed values are dequantized in the dequantization block 22 and transferred via the summing block 23 to the inverse transform block 26. In Fig. 3, reference A2 illustrates the transmission of control information to the summing block 23. In the inverse transform block 26 the frequency domain signal is transformed to the time domain by means of an inverse modified DCT transform, wherein a time domain signal corresponding to the original signal is produced in digital format. If necessary, this signal is transformed into an analog signal in the digital/analog converter 27. In the example of Fig. 3, the transmitting device is a wireless communication device 2 and the receiving device is a base station 31, wherein the signal transmitted from the wireless communication device 2 is decoded in the decoder 33 of the base station 31, from which the analog audio signal is transmitted to further processing stages in a way known as such.

It is obvious that in the present example, only the features most essential for applying the invention are presented, but in practical applications the data transmission system also comprises functions other than those presented herein. It is also possible to utilize other coding methods in connection with the coding according to the

invention, such as short-term prediction. Furthermore, when transmitting the signal coded according to the invention, other processing steps can be performed, such as channel coding.

- 5 It is also possible to determine the correspondence between the predicted signal and the actual signal in the time domain. Thus, it is not necessary to transform the signals to the frequency domain, wherein the transform blocks 6, 11 are not necessarily required, and neither are the inverse transform block 19 of the coder and the inverse transform  
10 block 26 of the decoder. The coding efficiency and the coding error are thus determined on the basis of time domain signals.

The previously described audio signal coding/decoding stages can be applied in different kinds of data transmission systems, such as mobile  
15 communication systems, satellite-TV systems, video on demand systems, etc. For example a mobile communication system in which audio signals are transmitted in full duplex requires a coder/decoder pair both in the wireless communication device 2 and in the base station 31 or the like. In the block diagram of Fig. 3, corresponding functional blocks of the wireless communication device 2 and the base  
20 station 31 are primarily marked with the same reference numerals. Although the coder 1 and the decoder 33 are shown as separate units in Fig. 3, in practical applications they can be implemented in one unit, a so-called codec, in which all the functions necessary to perform coding and decoding are implemented. If the audio signal is transmitted  
25 in digital format in the mobile communication system, analog/digital conversion and digital/analog conversion, respectively, are not necessary in the base station. Thus, these transformations are conducted in the wireless communication device and in the interface via  
30 which the mobile communication network is connected to another telecommunication network, such as a public telephone network. If this telephone network, however, is a digital telephone network, these transformations can also be made e.g. in a digital telephone (not shown) connected to such a telephone network.

35

The previously described encoding stages are not necessarily conducted in connection with the transmission, but the coded information can be stored for later transmission. Furthermore, the audio

signal to be transmitted to the coder does not necessarily have to be a real-time audio signal, but the audio signal to be coded can be information stored earlier from the audio signal.

- 5 In the following, the different coding stages are described mathematically. The transfer function of the pitch predictor block has the form:

$$B(z) = \sum_{k=-m_1}^{m_2} b(k)z^{-(\alpha+k)} \quad (1)$$

10

where  $\alpha$  is the lag,  $b(k)$  are the coefficients of the pitch predictor block 10, and  $m_1$  and  $m_2$  are dependent on the order (M), advantageously in the following way:

$$\begin{aligned} 15 \quad m_1 &= (M-1)/2 \\ m_2 &= M-m_1-1 \end{aligned}$$

Advantageously, the best corresponding sequence of samples is determined using the least squares method. To perform this it is written

20

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} \left( x(i) - \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j)\tilde{x}(i+j-\alpha) \right)^2 \quad (2)$$

in which  $E$ =error,  $x()$  is the input signal in the time domain,  $\tilde{x}()$  is the signal reconstructed from the preceding sequence of samples and  $N$  is the number of samples in the frame examined at a given time. The lag  $\alpha$  can be calculated by setting the variable  $m_1=0$  and  $m_2=0$  and solving  $b$  from equation 2. Another alternative for solving the lag  $\alpha$  is to use normalized correlation method, by utilizing the formula

25

30

$$\alpha = \max_{lag} \left\{ \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x(i)\tilde{x}(i-lag))}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i-lag)^2}}, lag = start\ lag, \dots, end\ lag \right\} \quad (3)$$

When the best corresponding sequence of samples has been found, the lag block 7 has information about the lag, i.e. how much earlier the corresponding sequence of samples appeared in the audio signal.

- 5 The LTP coefficients  $b(k)$  can be calculated for each order  $M$  from the formula (2) which can be re-expressed in the form

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} x(i)^2 - 2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j) \tilde{x}(i+j-\alpha) + \sum_{i=0}^{N-1} \left( \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j) \tilde{x}(i+j-\alpha) \right)^2 \quad (4)$$

- 10 The optimum value for the coefficients  $b(k)$  can be determined by searching a value of coefficient  $b(k)$  for which the change in the error with respect to coefficient  $b(k)$  is as small as possible. This can be calculated by setting the partial derivative of the error relationship with respect to  $b$  to zero ( $\partial E / \partial b = 0$ ) wherein the following formula is attained:
- 15

$$-2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha) + 2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} \left[ \left( \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j) \tilde{x}(i+j-\alpha) \right) \cdot \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha) \right] = 0 \quad (5)$$

i.e.

20

$$\sum_{i=0}^{N-1} \left[ \sum_{j=-m_1}^{m_2} b(j) \tilde{x}(i+j-\alpha) \cdot \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha) \right] = \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \sum_{j=-m_1}^{m_2} \tilde{x}(i+j-\alpha)$$

This equation can be written in matrix format, wherein the coefficients  $b(k)$  can be determined by solving the matrix equation

25

$$\bar{b} = \bar{A}^{-1} \cdot \bar{r}$$

where

$$\bar{b} = \begin{bmatrix} b_{-m_1} \\ b_{-m_1+1} \\ \vdots \\ b_{m_2} \end{bmatrix}, \quad \bar{r} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \tilde{x}(i - m_1 - \alpha) \\ \vdots \\ \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \tilde{x}(i + m_2 - \alpha) \end{bmatrix},$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i - m_1 - \alpha) \tilde{x}(i - m_1 - \alpha) & \cdots & \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i - m_1 - \alpha) \tilde{x}(i + m_2 - \alpha) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i + m_2 - \alpha) \tilde{x}(i - m_1 - \alpha) & \cdots & \sum_{i=0}^{N-1} \tilde{x}(i + m_2 - \alpha) \tilde{x}(i + m_2 - \alpha) \end{bmatrix}$$

5

In the method according to the invention, the aim is to utilize the periodicity of the audio signal more effectively than in systems according to prior art. This is achieved by increasing the adaptability of the coder to changes in the frequency of the audio signal by using, when necessary, the evaluation of several orders and selecting the order at certain intervals, preferably independently for each frame. The order and the LTP coefficients can thus vary on a frame-by-frame basis. In the method according to the invention, it is thus possible to increase the flexibility of the coding when compared to coding methods of prior art using a fixed order. Furthermore, in the method according to the invention, if the amount of information (number of bits) to be transmitted for a given frame cannot be reduced by means of coding, the original signal, transformed into the frequency domain, can thus be transmitted instead of the LTP coefficients and the error signal.

The previously presented evaluation and other calculation procedures can be advantageously implemented in the form of a program as program codes of the controller 34 in a digital signal processing unit or the like, and/or as a hardware implementation. On the basis of the above description of the invention, a person skilled in the art is able to implement the coder 1 according to the invention, and thus it is not necessary to discuss the different functional blocks of the coder 1 in more detail in this context.

To transmit said LTP coefficients to the receiver, it is possible to use so-called look-up tables. In such a look-up table different coefficient values are stored, wherein instead of the coefficient, the index of this coefficient in the look-up table is transmitted. The look-up table is known to both the encoder 1 and the decoder 33. At the reception stage it is possible to determine the LTP coefficient in question on the basis of the transmitted index by using the look-up table. In some cases the use of the look-up table can reduce the number of bits to be transmitted when compared to the transmission of LTP coefficients.

The present invention is not restricted to the embodiments presented above, neither is it restricted in other respects, but it can be modified within the scope of the appended claims.



Claims:

1. A method for coding an audio signal and transmitting it in a data transmission system, in which method samples (x) are taken at intervals from the audio signal, wherein a group of samples (x) forms a frame, the samples are stored, and a coding step is performed wherein information necessary to decode the frame is formed, the information being transmitted in the data transmission system, wherein a decoding step to reconstruct the audio signal is performed at least partly on the basis of the information transmitted in the data transmission system, **characterized** in that at least the following steps are conducted in the coding step:

  - a step of determining a lag, wherein stored samples ( $\tilde{x}$ ) are compared with the audio signal to be transmitted at a given time to search for the response signal, wherein the lag ( $\alpha$ ) is determined on the basis of the time difference between the response signal and the audio signal,
  - an evaluation step, wherein at least two predicted signals are produced from the response signal by means of long-term prediction by using at least two different orders (M) wherein at the evaluation step conducted for each order (M), a group of LTP coefficients (b(k)) is formed,
  - a comparison step wherein the predicted signals produced for each order (M) are compared with the audio signal to be coded to determine a coding error, and
  - a selection step wherein the order (M) which yields the smallest said coding error is selected.
2. The method according to claim 1, **characterized** in that in the method the following steps are also performed:

  - a step of determining a coding efficiency wherein
    - a first reference value is determined, which is the amount of information to be transmitted if the information necessary during decoding is produced on the basis of the encoding conducted at said step of determining the lag, said evaluation step, comparison step and selection step, and

- a second reference value is determined which is the amount of information to be transmitted if the information necessary in the decoding is produced on the basis of the audio signal, wherein the coding efficiency is formed as a ratio of said first reference figure and second reference figure,
  - a step of producing information, wherein the information to be transmitted in the data transmission system is produced on the basis of the coded information if the coding efficiency is greater than one, in other cases the information is produced on the basis of the audio signal.
3. The method according to claim 2, **characterized** in that in the method, the audio signal is transformed into the frequency domain to determine the frequency spectrum of the audio signal, and the response signal is transformed to the frequency domain to determine the frequency spectrum of the response signal, and that at the step of determining the coding efficiency, said audio signal and response signal transformed to the frequency domain are used.
4. The method according to claim 3, **characterized** in that the transformation to the frequency domain is conducted using a modified DCT transform.
5. The method according to any of claims 2 to 4, **characterized** in that the information (501) produced on the basis of the evaluation step and transmitted in the data transmission system comprises, when the coding efficiency is higher than one, at least data relating to the information type (502), data relating to the selected order (504), a lag (505), LTP coefficients (506) and data relating to the coding error (507).
6. The method according to any of claims 1 to 5, **characterized** in that the coding step is conducted separately for each frame formed from the audio signal.
7. The method according to any of claims 1 to 6, **characterized** in that the audio signal is a speech signal.

8. A data transmission system which comprises means (3, 16, 20) for coding an audio signal and transmitting it in the data transmission system from a transmitting device (2, 31) to a receiving device (31, 2), the transmitting device comprising means (30, 4) for taking samples  
 5 from the audio signal (x) at intervals, wherein a frame is formed from a group of samples (x), means (5, 8) for storing the samples (x) and coding means (1) for producing information necessary for decoding, wherein the receiving device (31, 2) comprises decoding means (33) for reconstructing the audio signal at least partly on the basis of the  
 10 information transferred in the data transmission system, **characterized** in that the coding means also comprise

- means (7) for comparing the stored samples ( $\tilde{x}$ ) to search for a response signal for the audio signal transmitted at a given time and to determine a lag ( $\alpha$ ) on the basis of the time difference between the  
 15 response signal and the audio signal,
- evaluation means (9, 10) for producing at least two predicted signals using long-term prediction by using at least two different orders (M), wherein the evaluation means comprise means (9) for producing a group of LTP coefficients (b(k)) for each order (M),
- 20 - comparison means (12) for comparing the predicted signals produced by each order with the audio signal to be coded to determine a coding error, and
- selection means for selecting the order (M) on the basis of the smallest said coding error.

25 9. The data transmission system according to claim 8, **characterized** in that the transmitting device (2, 31) also comprises:

- means (12) for determining a coding efficiency, in which the coding efficiency is arranged to be determined as a ratio of a first reference  
 30 value and a second reference value, said first reference value being determined as the amount of information to be transmitted if the information necessary for decoding is produced on the basis of the coding conducted in said coding means (1) and said second reference value is determined as the amount of information to be  
 35 transmitted if the information necessary for decoding is produced on the basis of the audio signal, and
- means (13, 14, 15) for producing information, to produce information (501) required in the decoding of the frame and transmitted in the

data transmission system, on the basis of the information coded in the evaluation means (9, 10) if the coding efficiency is greater than one, in other cases on the basis of the audio signal.

- 5 10. The data transmission system according to claim 9, **characterized** in that it also comprises first transformation means (6) for transforming the audio signal into the frequency domain and second transformation means (11) for transforming the response signal into the frequency domain.
- 10 11. The data transmission system according to claim 9 or 10, **characterized** in that the information (501) produced in the evaluation means (9, 10) and transmitted in the data transmission system comprises at least data relating to the information type (502), data
  - 15 relating to the selected order (504), a lag (505), LTP coefficients (506) and a coding error (507), if the determined coding efficiency is greater than one.
- 20 12. The data transmission system according to any of claims 8 to 11, **characterized** in that the coding means (1) comprise means (34) for performing the coding for each frame formed from the audio signal.
- 25 13. The data transmission system according to any of claims 8 to 12, **characterized** in that the audio signal is a speech signal.
- 30 14. A coder (1) which comprises means (30, 4) for taking samples (x) from an audio signal at intervals, wherein a frame is formed from a group of samples (x), means (5, 8) for storing the samples (x) and coding means for producing information necessary for decoding of the frame, **characterized** in that the coding means also comprise:
  - means (7) for comparing the stored samples ( $\tilde{x}$ ) to search for a response signal for the audio signal to be transmitted and to determine a lag ( $\alpha$ ) on the basis of the time difference between the response signal and the audio signal,
  - 35 - evaluation means (9, 10) for producing at least two predicted signals using long-term prediction by using at least two different orders (M), wherein the evaluation means comprise means (9) for producing a group of LTP coefficients (b(k)) for each order (M),

- comparison means (12) for comparing the predicted signals produced for each order (M) to determine the coding error of the audio signal to be coded, and
- selection means for selecting the order (M) on the basis of the smallest said coding error.

15. The coder (1) according to claim 14, **characterized** in that it also comprises:

- means (12) for determining a coding efficiency, in which the coding efficiency is arranged to be determined as a ratio of a first reference value and a second reference value, said first reference value being determined as the amount of information to be transmitted if the information necessary for decoding is produced on the basis of the coding conducted in said coding means (1), and said second reference value is determined as the amount of information to be transmitted if the information necessary for decoding is produced on the basis of the audio signal, and
- means (13, 14, 15) for producing information, to produce information (501) required in the decoding of the frame and transmitted in the data transmission system, on the basis of the information coded in the evaluation means (9, 10) if the coding efficiency is greater than one, in other cases on the basis of the audio signal.

16. A decoder (33) which comprises decoding means for reconstructing an audio signal at least partly on the basis of information produced in a coding means of a coder and required in the decoding, the information being produced by taking samples (x) from the audio signal at intervals, wherein a frame is formed from a group of samples (x), **characterized** in that the decoding means comprise means (21) for determining the lag ( $\alpha$ ) defined in the coding means (9, 10) of the coder, the selected order (M), the group of LTP coefficients (b(k)) produced using the selected order, and the coding error from the information transmitted in the data transmission system.

17. The decoder (33) according to claim 16, **characterized** in that the decoder (33) also comprises means (21, 34) for determining the method of producing the information necessary for decoding, the information being produced either on the basis of the lag ( $\alpha$ )

determined in the coding means of the coder, the selected order (M), the group of LTP coefficients (b(k)) formed using the selected order and the determined coding error, or the information is produced from the original audio signal; and means (22, 23, 24, 25, 26, 28) for performing  
 5 decoding using a decoding method corresponding to the selected coding method.

18. A coder/decoder (1, 33) which comprises means (30, 4) for taking  
 10 samples (x) from an audio signal at intervals, wherein a frame is formed from a group of samples (x), means (5, 8) for storing the samples (x), coding means for producing the information necessary for decoding of the frame, and decoding means for reconstructing the audio signal on the basis of the information produced in an evaluation means (9, 10) of the coder and required in the decoding, **characterized** in that the  
 15 coding means comprise:

- means (7) for comparing the stored samples ( $\tilde{x}$ ) to search for a response signal for the audio signal to be transmitted and to determine a lag ( $\alpha$ ) on the basis of the time difference between the response signal and the audio signal,
- 20 - evaluation means (9, 10) for producing at least two predicted signals using long-term prediction by using at least two different orders (M), wherein the evaluation means comprise means (9) for producing a group of LTP coefficients (b(k)) for each order (M),
- comparison means (12) for comparing the predicted signals  
 25 produced using each order (M) to determine the coding error of the audio signal to be coded, and
- selection means for selecting the order (M) on the basis of the smallest said coding error.

30 and that the decoding means comprise means (21) for determining the lag ( $\alpha$ ) defined in the evaluation means (9, 10) of the coder, the selected order (M), the group of LTP coefficients (b(k)) formed with the selected order and the coding error from the information produced in the coding.

35 19. The coder/decoder (1, 33) according to claim 18, **characterized** in that the coding means also comprise

- means (12) for determining a coding efficiency, in which the coding efficiency is arranged to be determined as a ratio of a first reference

- value and a second reference value, said first reference value being determined as the amount of information to be transmitted, if the information necessary for decoding is produced on the basis of the coding conducted in said coding means (1) and said second reference value is determined as the amount of information to be transmitted, if the information necessary for decoding is produced on the basis of the audio signal, and
- 5 - means (13, 14, 15) for producing information, to produce information (501) required for decoding of the frame and transmitted in the data transmission system, on the basis of the information coded in the evaluation means (9, 10) if the coding efficiency is greater than one, in other cases on the basis of the audio signal,
- 10 wherein the decoding means (33) also comprise means (21, 34) for determining the method of producing the information necessary for decoding, the information being produced either on the basis of the lag ( $\alpha$ ) determined in the coding means of the coder, the selected order (M), the group of LTP coefficients (b(k)) formed with the selected order and the determined coding error, or the information is produced from the original audio signal; and means (22, 23, 24, 25, 26, 28) for performing the decoding using a decoding method corresponding to the selected coding method.
- 15 20. The coder/decoder (1, 33) according to claim 18 or 19, **characterized** in that it is provided in a wireless communication device (2) which also comprises means (3, 16, 20) for transmitting and receiving the information used in the transmission of the audio signal.
- 20 21. The coder/decoder according to claim 18, 19 or 20, **characterized** in that it is provided in a base station (31) which also comprises means (3, 16, 20) for transmitting and receiving the information used in the transmission of the audio signal.
- 25 22. A method in a data transmission system for decoding an audio signal, from which audio signal samples (x) are taken at intervals, wherein a group of samples (x) forms a frame, the samples are stored, and a coding step is conducted at which information necessary in the decoding of the frame is produced, which information is transmitted in the data transmission system, wherein the decoding step for
- 30 35

reconstructing the audio signal is conducted at least partly on the basis of the information transmitted in the data transmission system, **characterized** in that at the decoding step the lag ( $\alpha$ ) defined at the coding step, the selected order (M), the group of LTP coefficients (b(k)) produced for the selected order, and the coding error are determined.

23. The method according to claim 22, **characterized** in that the method of producing the information required for decoding is also determined in the method, which information is produced either on the basis of the lag ( $\alpha$ ) defined in the coding means of the coder, the selected order (M), the group of LTP coefficients (b(k)) produced for the selected order and the determined coding error, or the information is produced from the original audio signal; and the decoding is performed using a decoding method corresponding to the selected coding method.



Abstract:

The invention relates to a method for improving the coding and transmission of an audio signal. In the method samples ( $x$ ) are taken from the audio signal at intervals, wherein a group of samples ( $x$ ) forms a frame. In the method the samples are stored, and a coding step is performed wherein information necessary for decoding of the frame is formed, the information being transmitted in the data transmission system. The decoding step for reconstructing the audio signal is conducted at least partly on the basis of the information transmitted in the data transmission system. In the coding step at least the following steps are conducted. In the step of determining the lag, stored samples ( $\tilde{x}$ ) are compared with the audio signal to be transmitted at a given time in order to search for a response signal, wherein the lag ( $\alpha$ ) is determined on the basis of the time difference between the response signal and the audio signal. In the evaluation step, at least two predicted signals are produced from the response signal by means of long-term prediction using at least two different orders ( $M$ ), wherein a group of LTP coefficients ( $b(k)$ ) is formed in the evaluation step conducted for each order ( $M$ ). In the comparison step, the predicted signals produced for each order ( $M$ ) are compared with the audio signal to be coded in order to determine an average coding error. In the selection step the order ( $M$ ) which has the smallest said coding error is selected.

Fig. 1

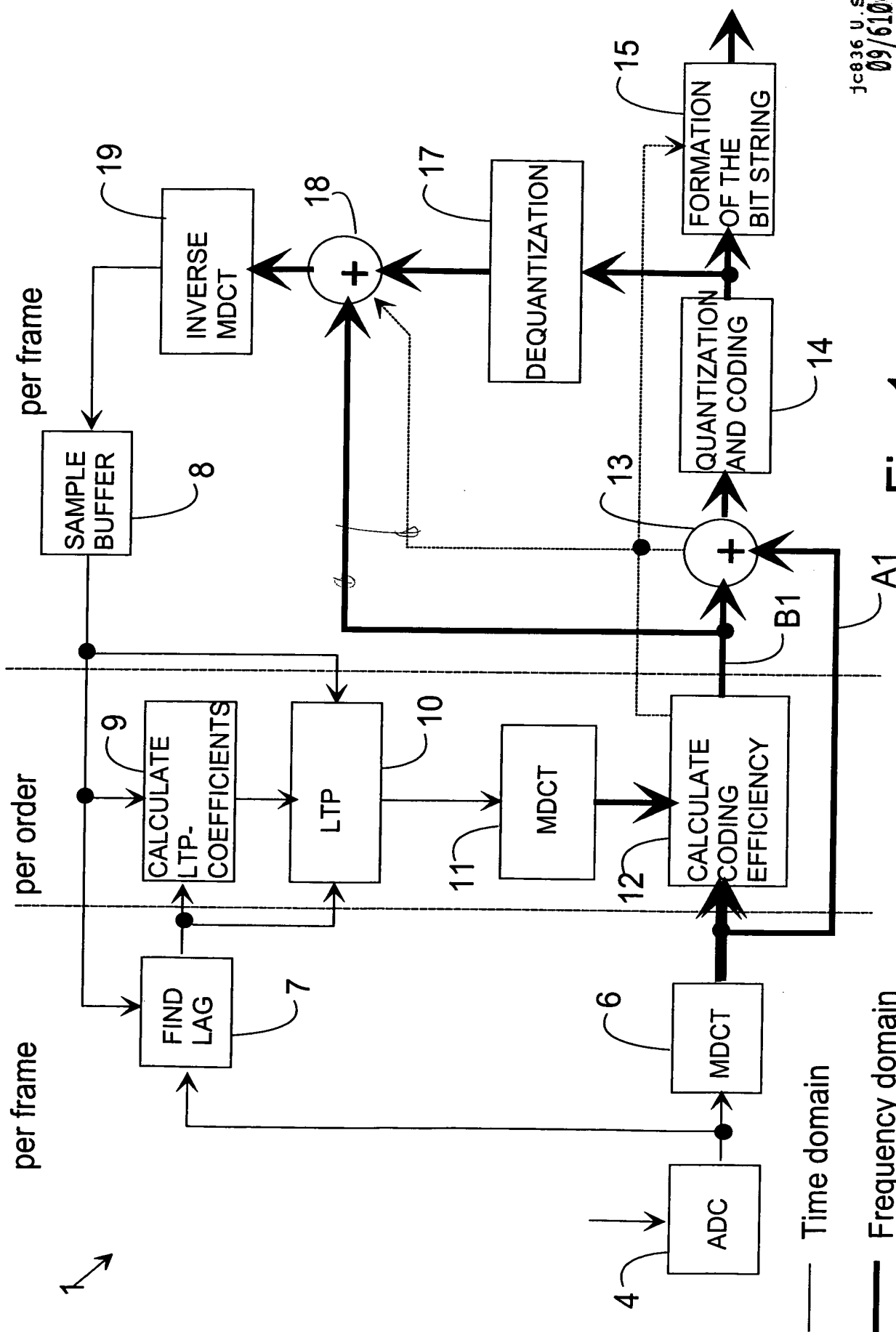


Fig. 1

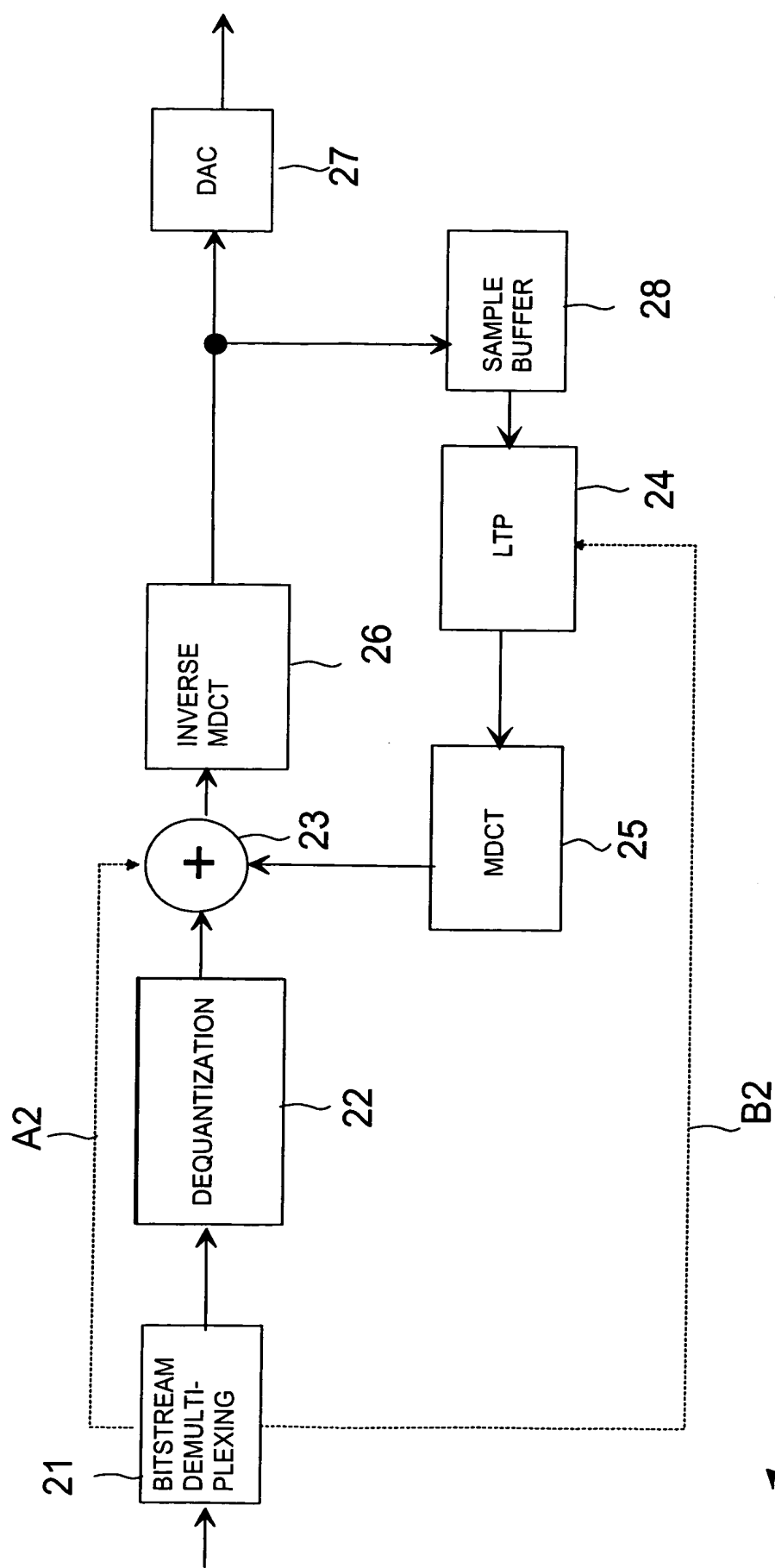


Fig 2

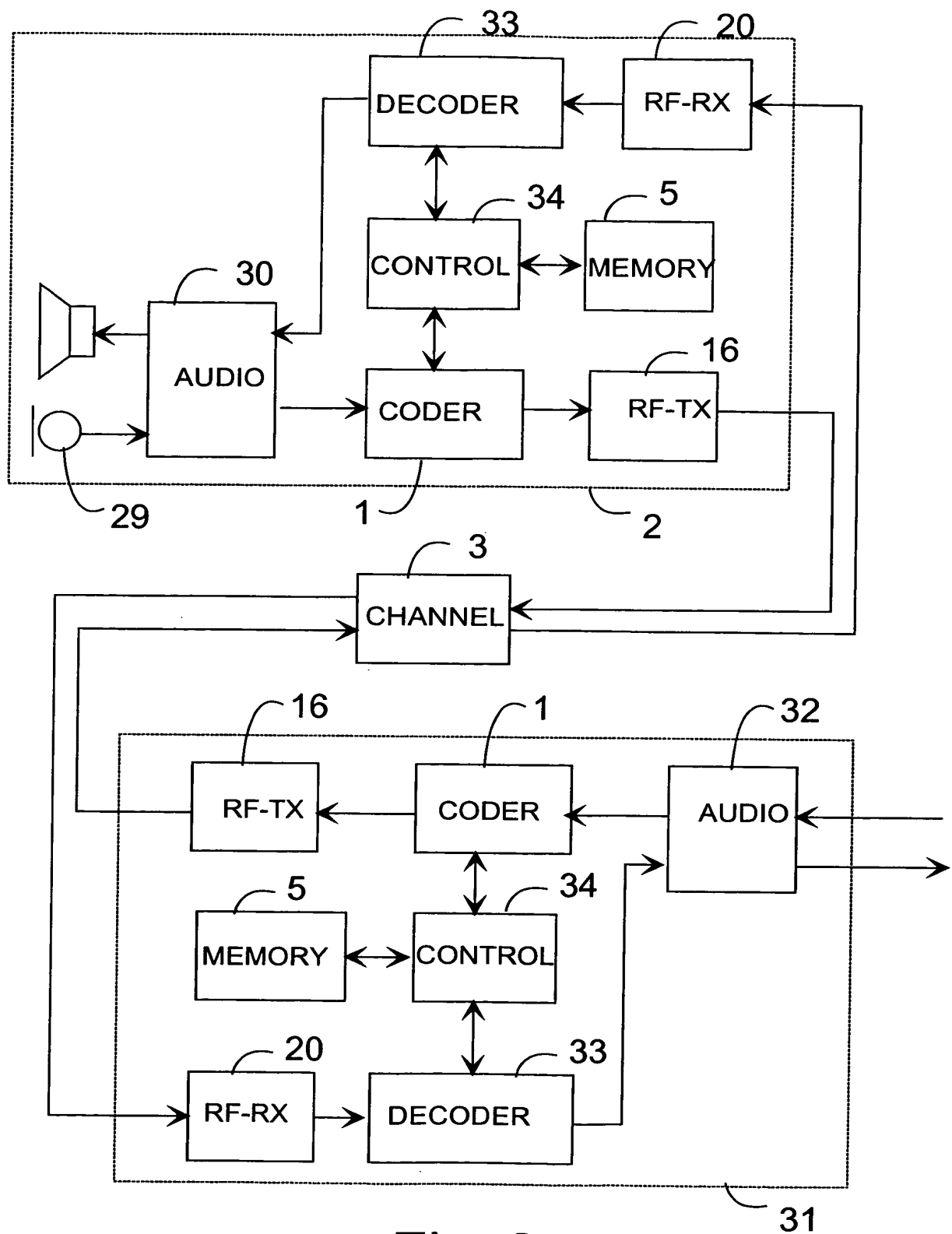


Fig. 3

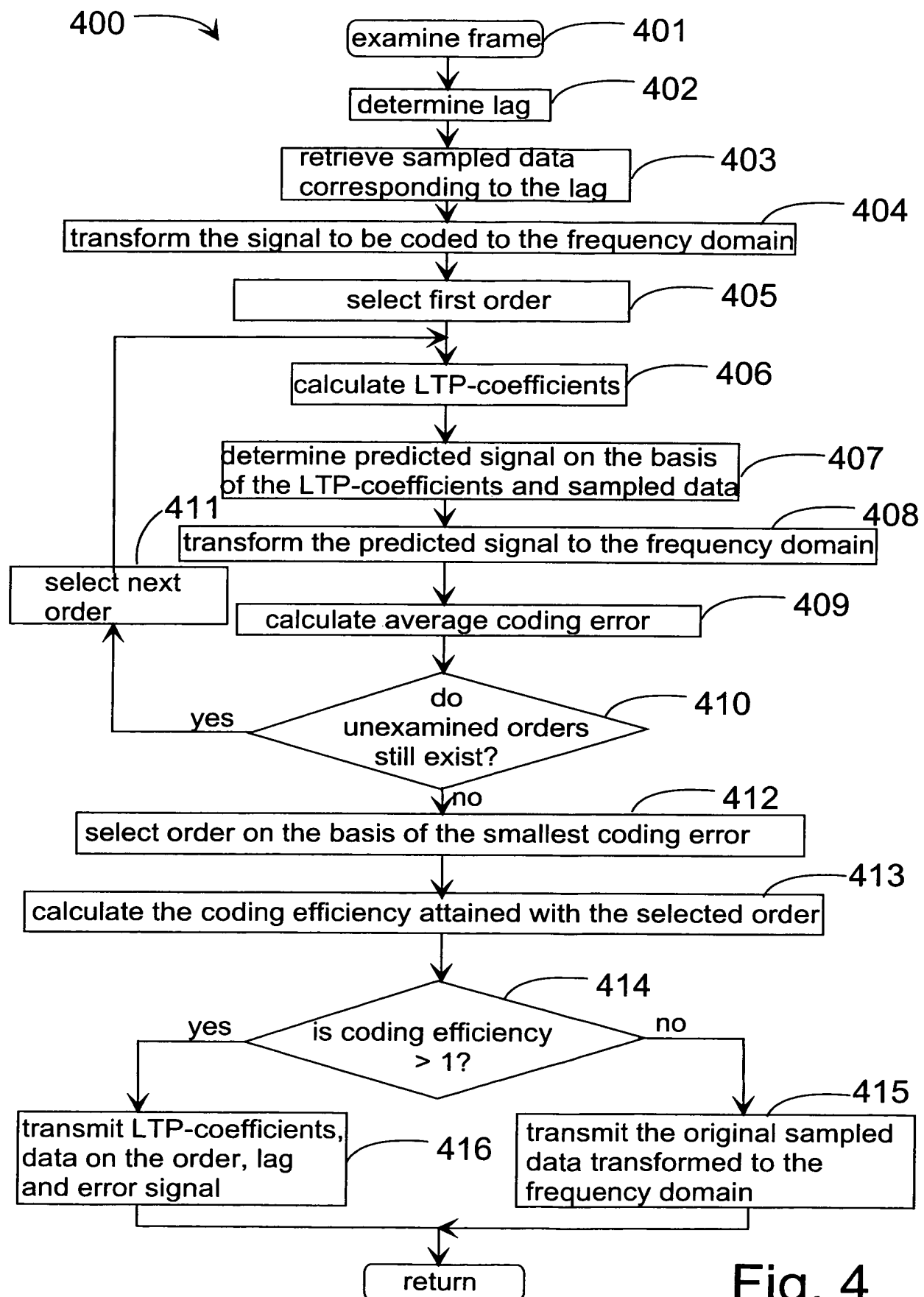


Fig. 4

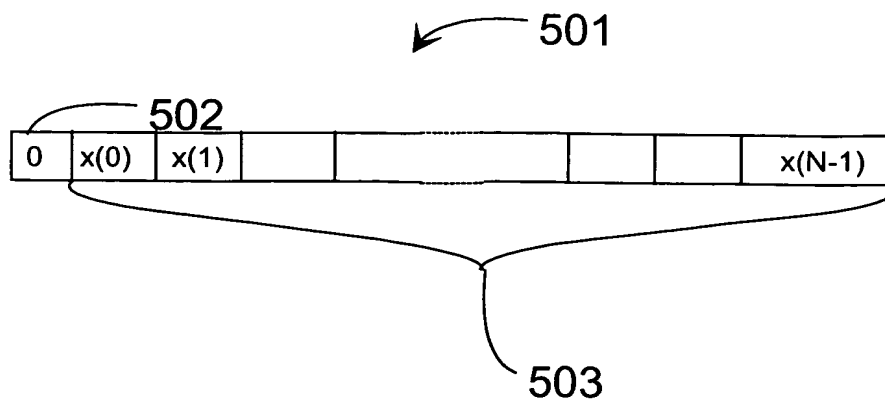


Fig. 5a

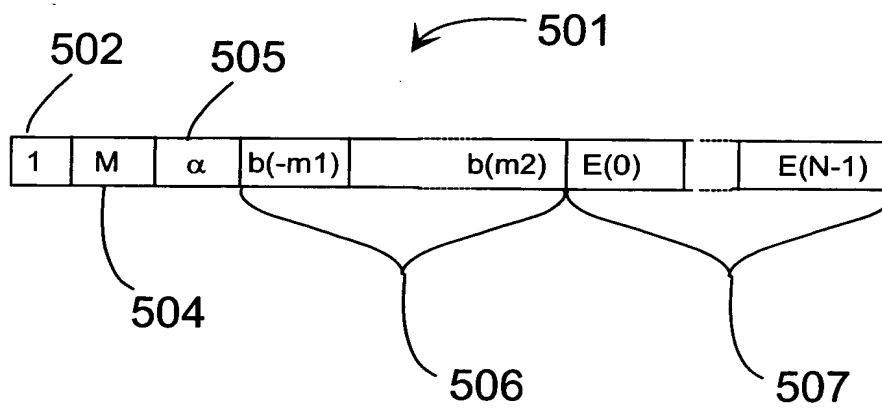


Fig. 5b